

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



## **PROYECTO FIN DE CARRERA**

# **SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA**

Ingeniería Técnica de Telecomunicación  
Especialidad: Sistemas de Telecomunicación

Milagros Moya López  
Febrero 2014



# **Sistema de Comunicaciones Tierra-Tierra mediante Anillo de Fibra Óptica entre Emplazamientos de Navegación Aérea**

**Autora:** Milagros Moya López  
**Tutor:** Dr. Víctor P. Gil Jiménez



Universidad Carlos III de Madrid  
Escuela Politécnica Superior  
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones





# AGRADECIMIENTOS

Este proyecto, no se trata únicamente de un trabajo fin de carrera, es un proyecto de comienzos. Con él cierro una etapa de esfuerzo, trabajo, tenacidad, constancia, superación y entrega. Pero lo más importante, con él empiezo mi nueva andadura personal y profesional.

Si he llegado hasta aquí, es porque muchas personas se cruzaron un día en mi camino, y de una forma directa o indirecta, me hicieron mejorar. Es imposible nombrarlas a todas, pero no quiero dejar de dar las gracias a mis profesores, que cada día se levantaban para enseñarnos una lección valiosa de futuro; a mis amigos y compañeros, que me han dado horas de buenos momentos, algo tan sencillo y a la vez tan importante para marcarme una personalidad. Y por supuesto, no puedo dejar de nombrar a la Universidad Carlos III de Madrid, que me dio la oportunidad de comenzar mi bagaje profesional hace cuatro años, y por tanto, la experiencia de trabajar y aprender junto a los que en un comienzo fueron mis compañeros, y después, tantas horas de trabajo, nos convirtieron en una familia.

Todo mi trabajo y esfuerzo, ha sido posible gracias a la única persona que siempre ha estado a mi lado incondicionalmente, y quién me regaló lo más preciado que tengo, la vida. Ella me ha enseñado que hay que trabajar duro para alcanzar tus metas, valiente para enfrentarte al mundo, y buena persona para poder ser feliz. Gracias por todos los valores que me has enseñado. Mamá, este proyecto es para ti.

Agradecer a mi familia el gran cariño y apoyo que me demuestran cada día. No hay nada que haga más fuerte a una persona, que el saber que tienes a tu lado gente que te quiere tanto.

No quiero olvidarme de las personas que estuvieron a lo largo de este camino de crecimiento personal, y ya no están. Y por que no, aquellas que debían haber estado y que nunca estuvieron, tal vez, porque no supieron cómo hacerlo.

Por último, quiero dar las gracias al destino, que no deja de sorprenderme.

Este proyecto tiene vida propia, porque comenzó siendo un sueño, se convirtió en un día a día con un café, después en ilusión por llevarlo a cabo, y terminó siendo una realidad.

*Milagros Moya López  
Febrero 2014*



“Me pregunto si las estrellas se iluminan con el fin  
de que algún día, cada uno pueda encontrar la suya”

Antonie de Saint-Exupéry

*A mi madre, mi estrella. A Paquita y Luciano por su cariño.  
Y a mi abuela Florencia, allí donde estés no te olvido.  
Sois las llaves de mi alma.*



# RESUMEN

El proyecto que se expondrá a continuación trata de dar solución a los requisitos especificados por el cliente principal, basados en el diseño e instalación de un sistema de comunicaciones mediante fibra óptica entre los distintos emplazamientos de navegación aérea existentes dentro de un aeropuerto.

Dentro de un complejo aeroportuario existen distintos emplazamientos que albergan ayudas para navegación aérea, y es imprescindible la comunicación entre todos. Dentro de ellos se encuentra la Torre de Control desde donde se controlan y gestionan todas las operaciones de las aeronaves. También forman parte los diferentes emplazamientos que dan soporte al aterrizaje, despegue y navegación.

Se realizará una revisión de todas las tecnologías de comunicaciones existentes, como son las basadas en multiplexación de la frecuencia, tiempo y longitud de onda. También los protocolos de comunicaciones como pueden ser SNMP (Protocolo Simple de Gestión de Red), TCP (Protocolo de Control de Transporte), IP (Protocolo de Internet) y Ethernet.

Para dar solución al presente proyecto, se utilizará SDH (Jerarquía Digital Síncrona) como principal tecnología. Sobre SDH se pueden destacar mejoras en la velocidad de transmisión, mayor fiabilidad con mecánicos automáticos de protección ante fallos y gran capacidad de ampliación en el futuro.

El diseño y ejecución del proyecto se llevará a cabo cumpliendo unas directrices comunes, que responden a unos estándares de gestión de proyectos, mediante herramientas como el diagrama de tiempos de ejecución del proyecto, normativas de seguridad, informes de seguimiento, etc.

Por último, se obtendrán las conclusiones finales técnicas de cara a la mejora en futuros proyectos que se realicen en similares condiciones.

## PALABRAS CLAVE

ADM (Multiplexor de Inserción y Extracción), Aeropuerto, Anillo, Ethernet, Especificaciones Técnicas, Fibra Óptica, Gestión, IP, Navegación Aérea, PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona), SDH, SNMP, Supervisión, TCP



# ABSTRACT

This project is a solution to the specified requirements by the primary client, based on the design and installation of a fiber optic communication between different air navigation sites in an airport.

Inside an airport there are many sites that have air navigation aids and the communication is essential between them. The Control Tower is the principal site where you can control and manage all aircraft operations. Also includes various sites that support the landing, takeoff and navigation.

A revision of the existing communication technologies will be provided, such as those based on frequency, time and wavelength division multiplexing. Also the communications protocols such as SNMP (Simple Network Management Protocol), TCP (Transport Control Protocol), IP (Internet Protocol) and Ethernet.

To solve this project, SDH (Synchronous Digital Hierarchy) has been used as the main technology in this project. Regarding SDH, it can be highlighted improvements in transmission speed, higher reliability with automatic mechanical failure protection and highly scalable in the future.

Design and implementation will be carried out in compliance with standard guidelines, which meet standards of project management, using tools such as the timing diagram, safety regulations, monitoring reports, etc.

Finally, technical conclusions for the enhancement in future project carried out in similar conditions, will be obtained.

# KEYWORDS

ADM (Add and Drop Multiplexer), Air Navigation, Airport, Ethernet, Fiber Optic, IP, Management, PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), Ring, SDH, SNMP, Supervision, TCP, Technical Specifications





# ÍNDICE GENERAL

|   |              |
|---|--------------|
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>   | <b>XIII</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>  | <b>XV</b>    |
| <b>GLOSARIO DE ACRÓNIMOS .....</b>  | <b>XVII</b>  |
| <b>GLOSARIO DE UNIDADES.....</b>  | <b>XXIII</b> |
| <b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>27</b>    |
| 1.1 OBJETO DEL PROYECTO .....   | 27           |
| 1.2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO .....  | 27           |
| 1.3 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO .....   | 29           |
| 1.3.1 TORRE DE CONTROL (TWR) .....  | 29           |
| 1.3.2 CENTRO DE TRANSMISORES (CTX).....   | 29           |
| 1.3.3 LOCALIZADOR (LOC).....  | 30           |
| 1.3.4 SENDA DE PLANEEO (GP).....  | 30           |
| 1.3.5 RADIOFARO OMNIDIRECCIONAL VHF (VOR) Y EQUIPO DE MEDIDA DE<br>DISTANCIA (DME)..... | 30           |
| 1.4 SITUACIÓN ACTUAL .....  | 32           |
| 1.5 REQUISITOS GENERALES .....  | 33           |
| 1.5.1 ESPECIFICACIONES GENERALES .....  | 33           |
| 1.5.1.1 SERVICIOS TRIBUTARIOS Y AGREGADOS.....  | 33           |
| 1.5.2 ESPECIFICACIONES PARA LAS COMUNIACIONES SDH .....                                 | 34           |
| 1.5.3 ESPECIFICACIONES PARA LAS COMUNICACIONES IP .....                                 | 35           |
| 1.5.3.1 ENRUTADOR PRINCIPAL DE CAPA DE RED .....  | 35           |
| 1.5.3.2 CONMUTADOR DE CAPA DE ENLACE .....  | 35           |
| 1.5.3.3 SISTEMA DE TELEFONÍA IP .....   | 35           |
| 1.5.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....   | 36           |
| 1.5.5 MEDIO DE TRANSMISIÓN: FIBRA ÓPTICA .....  | 36           |
| 1.5.6 SUPERVISIÓN Y GESTIÓN .....   | 36           |
| 1.5.7 ESPECIFICACIONES ADMINISTRATIVAS .....  | 37           |
| 1.6 REQUISITOS DE SEGURIDAD (SAFETY) .....  | 38           |
| 1.6.1 CLÁUSULAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....                                | 38           |
| 1.6.2 CLÁUSULAS EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD .....                                   | 39           |
| 1.7 NORMATIVAS .....  | 40           |
| 1.7.1 NORMATIVA TÉCNICA Y DE INSTALACIÓN .....  | 40           |
| 1.7.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICO-AMBIENTALES .....  | 40           |
| 1.7.3 NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL .....  | 40           |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 1.7.4      | REQUISITOS DE INTEROPERABILIDAD .....                           | 41        |
| 1.8        | SOLUCIÓN ADOPTADA .....   | 42        |
| 1.9        | REFERENCIA A LAS NORMAS DE APLICACIÓN .....                     | 44        |
| 1.9.1      | NORMATIVA TÉCNICA DE APLICACIÓN .....                           | 44        |
| 1.9.2      | NORMAS NACIONALES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS .....              | 44        |
| <b>2.-</b> | <b>ESTADO DEL ARTE .....</b>                                    | <b>47</b> |
| 2.1        | SOLUCIONES SIMILARES .....                                      | 47        |
| 2.1.1      | MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LA FRECUENCIA: FDM .....         | 47        |
| 2.1.2      | MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DEL TIEMPO: TDM .....               | 48        |
| 2.1.2.1    | MODULO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO (ATM) .....                   | 49        |
| 2.1.2.2    | JERARQUÍA DIGITAL PLESÍOCRONA (PDH) .....                       | 49        |
| 2.1.2.2.1  | ESTAPA DE ENCAPSULAMIENTO PCM .....                             | 50        |
| 2.1.2.2.2  | SEÑALIZACIÓN AUXILIAR E&M .....                                 | 53        |
| 2.1.2.3    | JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH) .....                          | 53        |
| 2.1.3      | MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA: WDM .....   | 55        |
| 2.1.3.1    | MULTIPLEXACIÓN GRUESA (CWDM) .....                              | 56        |
| 2.1.3.2    | MULTIPLEXACIÓN Densa (DWDM) .....                               | 56        |
| 2.1.4      | CONMUTACION DE PAQUETES .....                                   | 57        |
| 2.1.4.1    | MODELO DE REFERENCIA OSI .....                                  | 58        |
| 2.1.4.2    | PROTOCOLO SIMPLE DE ADMINISTRACION DE RED (SNMP) .....          | 59        |
| 2.1.4.3    | PROTOCOLO DE CAPA DE TRANSPORTE: TCP .....                      | 60        |
| 2.1.4.4    | PROTOCOLO DE CAPA DE RED: IP .....                              | 62        |
| 2.1.4.5    | PROTOCOLO DE CAPA DE ENLACE: ETHERNET .....                     | 64        |
| 2.1.5      | MEDIO DE TRANSMISIÓN .....                                      | 66        |
| 2.1.5.1    | CABLE DE COBRE .....  | 66        |
| 2.1.5.2    | FIBRA ÓPTICA .....  | 68        |
| 2.2        | EXPLICACIÓN DE LAS VENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS ..... | 71        |
| 2.2.1      | TECNOLOGÍA DE TRANSPORTE .....                                  | 71        |
| 2.2.1.1    | SDH/SONET .....   | 71        |
| 2.2.1.2    | TCP/IP .....  | 72        |
| 2.2.2      | MEDIO DE TRANSMISIÓN .....                                      | 72        |
| 2.2.2.1    | CABLE DE COBRE .....  | 73        |
| 2.2.2.2    | FIBRA ÓPTICA .....  | 73        |
| <b>3.-</b> | <b>DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS .....</b>                             | <b>77</b> |
| 3.1        | PARTE TÉCNICA .....   | 79        |
| 3.1.1      | ARMARIOS DE COMUNICACIONES TMN (RACK DE 31U Y 42U) .....        | 79        |
| 3.1.2      | SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....                                   | 80        |
| 3.1.2.1    | POWERONE ASPIRO AF .....  | 80        |
| 3.1.2.1.1  | RECTIFICADOR CONVERSOR AC/DC - XPGE 12.48 .....                 | 81        |
| 3.1.2.1.2  | MÓDULO DE SUPERVISIÓN - ACC .....                               | 81        |
| 3.1.2.2    | BATERÍA SUNLIGHT SPB .....                                      | 81        |
| 3.1.3      | SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDH .....                                | 82        |
| 3.1.3.1    | MULTIPLEXOR ADM - RAD MEGAPLEX 4100 .....                       | 82        |
| 3.1.3.1.1  | TARJETA DE LÓGICA COMÚN - CL/2 .....                            | 85        |
| 3.1.3.1.2  | MÓDULO TRANSCEPTOR ÓPTICO - SFP2 .....                          | 86        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 3.1.3.1.3  | TARJETA DE ALIMENTACIÓN - PS/48 .....                                  | 86         |
| 3.1.3.1.4  | TARJETA DE AUDIO - VC8 E&M/FXO/FXS .....                               | 87         |
| 3.1.3.1.5  | TARJETA DE DATOS RS232 - HS/RN .....                                   | 88         |
| 3.1.3.1.6  | TARJETA DE DATOS V35 - HS/6N .....                                     | 89         |
| 3.1.4      | SISTEMA DE TRANSMISIÓN IP.....   | 89         |
| 3.1.4.1    | SWITCH - CISCO CATALYST 2960 24TC-S .....                              | 89         |
| 3.1.4.2    | ROUTER/CENTRALITA - CISCO UC540 .....                                  | 90         |
| 3.1.4.3    | TELÉFONO IP CISCO SPA 501G.....  | 91         |
| 3.1.5      | SISTEMA DE GESTIÓN, CONTROL Y SUPERVISIÓN.....                         | 91         |
| 3.1.5.1    | SERVIDOR - DELL POWEREDGE R210 .....                                   | 91         |
| 3.1.5.2    | MONITOR - DELL E1713S .....  | 92         |
| 3.1.5.3    | PORTATIL - DELL INSPIRON 15z .....                                     | 93         |
| 3.1.5.4    | SOFTWARE RAD - RADVIEW-EMS .....                                       | 93         |
| 3.1.5.5    | SOFTWARE POWERONE - POWCOM .....                                       | 97         |
| 3.1.6      | MEDIO DE TRANSMISIÓN .....   | 98         |
| 3.1.6.1    | CABLE DE COBRE TRENZADO S/FTP CAT6 - DRAKA UC400 SS23 .....            | 98         |
| 3.1.6.2    | CABLE DE FIBRA ÓPTICA - DRAKA 24 FIBRAS ÓPTICAS .....                  | 98         |
| 3.2        | ESTUDIOS Y SOLUCIONES.....   | 99         |
| 3.2.1      | SINCRONIZACIÓN DE LA RED SDH .....                                     | 99         |
| 3.2.2      | PROTECCION DE ANILLO.....  | 100        |
| 3.2.2.1    | PROTECCIÓN MS-SP RING PARA LA RED SDH.....                             | 100        |
| 3.2.2.2    | PROTECCIÓN SNCP PARA LA RED SDH .....                                  | 100        |
| 3.2.2.3    | PROTOCOLO STP PARA LA RED IP.....                                      | 101        |
| 3.3        | DISEÑO TEÓRICO.....  | 102        |
| 3.3.1      | AUTONOMÍA DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....                            | 102        |
| 3.3.2      | CAPACIDAD DE LA RED DE TRANSPORTE SDH.....                             | 103        |
| 3.3.3      | CAPACIDAD DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN .....                               | 104        |
| 3.3.4      | BALANCE DE POTENCIA OPTICA.....  | 105        |
| 3.3.4.1    | CÁLCULO DE DISTANCIA MÁXIMA PARA EL MARGEN DE<br>DESVANECIMIENTO ..... | 106        |
| 3.3.4.2    | CÁLCULO DE ATENUACIÓN POR ENLACE.....                                  | 107        |
| 3.3.4.3    | CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE ERROR POR ENLACE.....                    | 107        |
| 3.4        | LOGÍSTICA.....   | 108        |
| 3.4.1      | REPUESTOS.....   | 108        |
| 3.4.1.1    | CÁLCULO DE REPUESTOS.....  | 108        |
| 3.4.2      | FORMACIÓN .....  | 110        |
| 3.4.2.1    | CARACTERISTICAS GENERALES .....  | 111        |
| 3.4.3      | DOCUMENTACIÓN.....   | 112        |
| 3.4.3.1    | DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....   | 112        |
| 3.5        | PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL PROYECTO .....                             | 112        |
| 3.5.1      | PLAN GENERAL .....   | 113        |
| 3.5.2      | INFORMES DE SEGUIMIENTO DE PROYECTO.....                               | 113        |
| 3.6        | RELACIÓN DE MATERIAL A SUMINISTRAR .....                               | 114        |
| <b>4.-</b> | <b>PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>                                      | <b>117</b> |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 4.1        | PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA .....       | 117        |
| 4.1.1      | PRUEBAS FAT .....                               | 117        |
| 4.1.2      | PRUEBAS SAT .....                               | 117        |
| 4.1.2.1    | PRUEBAS DEL SISTEMA DE ENERGÍA .....            | 118        |
| 4.1.2.2    | PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN .....    | 118        |
| 4.1.2.3    | PRUEBAS DE SUPERVISIÓN .....                    | 119        |
| 4.1.2.4    | PRUEBAS DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN.....           | 119        |
| 4.2        | RESULTADOS.....                                 | 121        |
| 4.2.1      | PRUEBAS FAT .....                               | 121        |
| 4.2.2      | PRUEBAS SAT .....                               | 121        |
| 4.2.2.1    | PRUEBAS DEL SISTEMA DE ENERGÍA .....            | 124        |
| 4.2.2.2    | PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN .....    | 125        |
| 4.2.2.2.1  | RED SDH DE SERVICIOS .....                      | 125        |
| 4.2.2.2.2  | RED IP DE SUPERVISIÓN .....                     | 126        |
| 4.2.2.3    | PRUEBAS DE SUPERVISIÓN.....                     | 127        |
| 4.2.2.4    | PRUEBAS DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN.....           | 128        |
| <b>5.-</b> | <b>PRESUPUESTO.....</b>                         | <b>135</b> |
| 5.1        | PRESUPUESTO GENERAL .....                       | 135        |
| 5.2        | PRESUPUESTO DETALLADO .....                     | 137        |
| <b>6.-</b> | <b>CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....</b>       | <b>141</b> |
| 6.1        | CONCLUSIONES .....                              | 141        |
| 6.2        | TRABAJO FUTURO.....                             | 141        |
|            | <b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....</b>          | <b>143</b> |
|            | <b>ANEXO A: PLAN GENERAL DEL PROYECTO .....</b> | <b>149</b> |
|            | <b>ANEXO B: HOJAS DE PRUEBAS.....</b>           | <b>153</b> |
|            | <b>ANEXO C: PLANOS Y ESQUEMAS .....</b>         | <b>187</b> |
|            | <b>ANEXO D: DOCUMENTACIÓN TÉCNICA .....</b>     | <b>193</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1. Esquema de vista lateral de la Torre de Control .....   | 29 |
| Figura 1.2. Esquema de vista lateral del Centro de Transmisores.....  | 29 |
| Figura 1.3. Esquema de vista superior del eje horizontal del Localizador .....                                  | 30 |
| Figura 1.4. Esquema lateral del eje vertical de la Senda .....  | 30 |
| Figura 1.5. Esquema de lateral de una estación DVOR-DME .....   | 31 |
| Figura 1.6. Estructura física inicial del Aeropuerto.....   | 32 |
| Figura 1.7. Estructura física del Aeropuerto.....   | 42 |
| Figura 1.8. Topología de la red SDH mediante anillo de fibra óptica.....  | 42 |
| Figura 1.9. Topología de la red IP de supervisión mediante anillo de fibra óptica .....                         | 43 |
| Figura 2.1. Ejemplo de Multiplexación por División de la Frecuencia (en el dominio de la frecuencia) [F1] ..... | 48 |
| Figura 2.2. Ejemplo de Multiplexación por División del Tiempo.....  | 48 |
| Figura 2.3. Estructura de datos para una celda ATM [F2].....  | 49 |
| Figura 2.4. Proceso de conversión de Señal Analógica a Señal Digital .....                                      | 50 |
| Figura 2.5. Tipos de encapsulamiento PCM30 y PCM31 .....  | 51 |
| Figura 2.6. Proceso de creación de la trama E1 desde una señal analógica .....                                  | 52 |
| Figura 2.7. Ejemplo de Señalización E&M para un canal de audio a 4 hilos .....                                  | 53 |
| Figura 2.8. Estructura de Multiplexación SDH para formar una trama STM-1 [F3] ....                              | 54 |
| Figura 2.9. Estructura de cabeceras SDH de los Contenedores virtuales de la trama STM-1 [F4] .....              | 54 |
| Figura 2.10. Ejemplo de Multiplexación por División de la Longitud de Onda .....                                | 55 |
| Figura 2.11. Longitudes de onda de trabajo para CWDM y DWDM [F5] .....  | 57 |
| Figura 2.12. Modelo de Referencia OSI y los protocolos de Internet [F6] .....                                   | 58 |
| Figura 2.13. Ejemplo de distribución del árbol SNMP .....   | 60 |
| Figura 2.14. Formato de un Segmento TCP .....   | 61 |
| Figura 2.15. Ejemplo de establecimiento y cierre de la comunicación TCP.....                                    | 62 |
| Figura 2.16. Formato de un Datagrama IP o Paquete IP .....  | 63 |
| Figura 2.17. Ejemplo de representación de IPv4 e IPv6 .....   | 64 |
| Figura 2.18. Formato de la Trama estándar Ethernet e IEEE 802.3 .....   | 65 |
| Figura 2.19. Tipos de cable de cobre trenzado .....   | 67 |
| Figura 2.20. Tipos de estándares en los conectores RJ11 y RJ45 .....  | 67 |
| Figura 2.21. Ventanas de Propagación de la Fibra Óptica .....   | 68 |
| Figura 2.22. Índice de Refracción y Ley de Snell [F7].....  | 68 |
| Figura 2.23. Cables de Fibra Óptica en aplicaciones de interior y exterior .....                                | 71 |
| Figura 3.1. Estructura física en anillo de la solución propuesta .....  | 77 |
| Figura 3.2. Estructura lógica en Anillo de la solución propuesta.....   | 77 |
| Figura 3.3. Armario de comunicaciones TMN de 31U .....  | 79 |
| Figura 3.4. Sistema de Alimentación Aspiro AF (1+1) XR 08.48 .....  | 80 |
| Figura 3.5. Esquema de conexión del sensor de Temperatura y Simetría de Baterías...                             | 80 |
| Figura 3.6. Módulo rectificador XPGE 12.48 del Sistema de Alimentación .....                                    | 81 |
| Figura 3.7. Módulo de control ACC del Sistema de Alimentación.....  | 81 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3.8. Batería SPB 12-55 del sistema de Alimentación .....                       | 81  |
| Figura 3.9. Vista frontal del equipo multiplexor Megaplex-4100 .....                  | 82  |
| Figura 3.10. Ejemplo de distribución de tarjetas en los slots del multiplexor.....    | 83  |
| Figura 3.11. Redundancia PDH por Cable Dual .....                                     | 84  |
| Figura 3.12. Redundancia PDH usando cables en Y .....                                 | 84  |
| Figura 3.13. Redundancia E1/T1 usando red en anillo.....                              | 85  |
| Figura 3.14. Tarjetas de lógica común CL/2 con capacidad STM-1 .....                  | 85  |
| Figura 3.15. Módulo Transceptor Óptico SFP .....                                      | 86  |
| Figura 3.16. Tarjetas de Alimentación PS/48 para el Multiplexor MP4100 .....          | 86  |
| Figura 3.17. Tarjetas de Audio VC8/E&M, FXS, FXO para el Multiplexor MP4100 ..        | 88  |
| Figura 3.18. Tarjeta de Datos HS/RN para el Multiplexor MP4100 .....                  | 88  |
| Figura 3.19. Tarjeta de Datos HS/6N para el Multiplexor MP4100.....                   | 89  |
| Figura 3.20. Parte frontal y trasera del switch Cisco 2960 24TC-S .....               | 90  |
| Figura 3.21. Parte trasera del Sistema de Comunicaciones Unificado Cisco UC540 ....   | 91  |
| Figura 3.22. Parte frontal del Teléfono IP Cisco SPA501G.....                         | 91  |
| Figura 3.23. Parte frontal del Servidor de Supervisión Dell PowerEdge R210 .....      | 92  |
| Figura 3.24. Monitor de Supervisión Dell E1713S .....                                 | 93  |
| Figura 3.25. Cliente portátil Dell Inspiron 15z.....                                  | 93  |
| Figura 3.26. Pantalla principal del sistema de supervisión RADview EMS .....          | 94  |
| Figura 3.27. Visualización de la configuración de tarjetas y alarmas del MP4100 ..... | 95  |
| Figura 3.28. Menú de configuración de tributarios de Audio y Datos .....              | 95  |
| Figura 3.29. Ejemplo gráfico de conexiones a nivel PDH .....                          | 96  |
| Figura 3.30. Ejemplo gráfico de mapeado a nivel SDH.....                              | 96  |
| Figura 3.31. Pantalla principal de Supervisión de un equipo de Alimentación.....      | 97  |
| Figura 3.32. Menú de configuración de parámetros de un equipo de Alimentación.....    | 97  |
| Figura 3.33. Cable de Cobre STP Cat6 .....  | 98  |
| Figura 3.34. Cable de Fibra Óptica.....   | 98  |
| Figura 3.35. Esquema de Sincronización de una Red SDH .....                           | 99  |
| Figura 3.36. Ejemplo de Protección MS-SP Ring para una configuración en Anillo ..     | 100 |
| Figura 3.37. Ejemplo de Protección SNCP para una configuración en Anillo .....        | 100 |
| Figura 3.38. Ejemplo de Protocolo STP para una configuración de red IP en Anillo..    | 101 |
| Figura 4.1. Ejemplo de medida y gráfica reflectométrica .....                         | 120 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1.1. Requerimientos de Servicios Tributarios y Agregados por emplazamiento.     | 34  |
| Tabla 1.2. Distancia total de los tramos de Fibra Óptica de 24 fibras.....            | 43  |
| Tabla 2.1. Niveles de crecimiento de la estructura de la tecnología SDH .....         | 55  |
| Tabla 2.2. Versiones de los diferentes protocolos Ethernet .....                      | 64  |
| Tabla 2.3. Categorías del cableado estructurado .....                                 | 66  |
| Tabla 2.4. Tabla de Ley de Reflexión, Ley de Snell e Índice de Refracción .....       | 69  |
| Tabla 3.1. Módulos de servicios tributarios que admite el equipo multiplexor MP410083 |     |
| Tabla 3.2. Características ópticas del módulo de fibra óptica SFP-2 .....             | 86  |
| Tabla 3.3. Tabla de Niveles de Criticidad de las alarmas de software RADview-EMS      | 94  |
| Tabla 3.4. Cálculos de la autonomía del Sistema de Energía.....                       | 103 |
| Tabla 3.5. Capacidades Teóricas de las Tramas Básicas.....                            | 103 |
| Tabla 3.6. Cálculo de capacidad de Els en una trama STM-1.....                        | 103 |
| Tabla 3.7. Cálculo de capacidad de servicios en una trama E1.....                     | 104 |
| Tabla 3.8. Cálculo de capacidad de servicios de 64 kbps en una trama STM-1. ....      | 104 |
| Tabla 3.9. Características ópticas del módulo de fibra óptica SFP-2 .....             | 105 |
| Tabla 3.10. Balance de potencia óptica .....  | 105 |
| Tabla 3.11. Atenuación de la fibra óptica por enlaces.....                            | 107 |
| Tabla 3.12. Probabilidad de error la fibra óptica por enlaces.....                    | 108 |
| Tabla 3.13. Valores del parámetro 'C' (probabilidad de fin de las existencias) .....  | 109 |
| Tabla 3.14. Tabla de repuestos totales en función del total de unidades.....          | 110 |
| Tabla 3.15. Equipamiento del proyecto por cada nodo. ....                             | 114 |
| Tabla 4.1. Ejemplo de Hoja de Pruebas de Sistema de Energía .....                     | 124 |
| Tabla 4.2. Ejemplo de Hoja de Pruebas de la Red SDH .....                             | 125 |
| Tabla 4.3. Ejemplo de Hoja de Pruebas de la Red IP .....                              | 126 |
| Tabla 4.4. Ejemplo de Hoja de Pruebas del Sistema de Supervisión .....                | 127 |
| Tabla 4.5. Ejemplo de Hojas de Pruebas del Medio de Transmisión.....                  | 131 |

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*



## GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

| ACRÓNIMO | DEFINICIÓN (ING)   | DEFINICIÓN (ESP)   |
|----------|--|--|
| AAL      | ATM Adaptation Layer   | Capa de Adaptación ATM   |
| ACK      | ACKnowledgement  | Asentimiento   |
| ADM      | Add and Drop Multiplexer   | Multiplexor de Inserción y Extracción  |
| ADPCM    | Adaptive Differential Pulse Code Modulation                                    | Modulación Diferencial por Impulsos Codificados Adaptados                            |
| AEE      | Spanish Electrotechnical Association   | Asociación Electrotécnica Española   |
| AM       | Amplitude Modulation   | Amplitud Modulada  |
| APS      | Automatic Protection Switching   | Cambio Automático de Protección  |
| ASK      | Amplitude Shift Keying   | Modulación por Desplazamiento de Amplitud  |
| ASN.1    | Abstract Syntax Notation One   | Sintaxis de Notación Abstracta Uno   |
| ATSEP    | Air Traffic Safety Electronics Personnel                                       | Seguridad Electrónica del Personal de Tráfico Aéreo                                  |
| ATM      | Asynchronous Transfer Mode   | Modo de Transferencia Asíncrono  |
| AU       | Administrative Unit  | Unidad Administrativa  |
| AUG      | Administrative Units Group   | Grupo de Unidades Administrativas  |
| BGP      | Border Gateway Protocol  | Protocolo de Puerta Exterior   |
| CAM      | Content Addressable Memory   | Contenido de la memoria Direccionable  |
| CCA      | Common Cause Analysis  | Análisis de Causa Común  |
| CEPT     | Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications | Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones              |
| CL       | Common Logic   | Lógica Común   |
| CLK      | CLocK  | Reloj  |
| CLP      | Cell Loss Priority   | Prioridad de Pérdida de Celdas   |
| CNAF     | National Frequency Allocation Table  | Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias   |
| CRC      | Cyclic Redundancy Check  | Comprobación de Redundancia Cíclica  |
| CSMA/CD  | Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection                         | Detección de Colisiones en Acceso Múltiple al medio basado en Detección de Portadora |
| CTX      | -  | Centro de Transmisores del Aeropuerto  |
| CWDM     | Coarse Wavelength Division Multiplexing  | Multiplexación Gruesa por División de la Longitud de Onda                            |
| DCE      | Data Communications Equipment  | Equipo de Datos de Comunicaciones  |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| ACRÓNIMO | DEFINICIÓN (ING)                                  | DEFINICIÓN (ESP)   |
|----------|---|--|
| DDC      | Display Data Channel                              | Canal de Datos de Pantalla                               |
| DDR      | Double Data Rate                                  | Tasa Doble de Datos                                      |
| DME      | Distance Measuring Equipment                      | Equipo de Medida de Distancia                            |
| DNA      | -   | Dirección de Navegación Aérea                            |
| DS0      | Digital Signal level 0                            | Señal Digital de nivel 0                                 |
| DS1      | Digital Signal level 1                            | Señal Digital de nivel 1                                 |
| DSB      | Double Side Band                                  | Doble Banda Lateral                                      |
| DTE      | Data Terminal Equipment                           | Equipo de Datos Terminal                                 |
| DVOR     | Doppler VHF Omnidirectional Range                 | Radiofaro VHF Doppler Omnidireccional                    |
| DWDM     | Dense Wavelength Division Multiplexing            | Multiplexación Densa por División de la Longitud de Onda |
| E&M      | Ear and Mouth                                     | Escucho y Mando  |
| EIGRP    | Enhanced Interior Gateway Routing Protocol        | Protocolo de Enrutamiento Interior Mejorado              |
| ETSI     | European Telecommunications Standards Institute   | Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones    |
| FAT      | Factory Acceptance Test                           | Pruebas de Aceptación de Fábrica                         |
| FC/PC    | Fiber Connector/Physical Contact                  | Conector de Fibra/Contacto Físico                        |
| FDDI     | Fiber Distributed Data Interface                  | Interfaz de Fibra para Distribución de Datos             |
| FDM      | Frequency Division Multiplexing                   | Multiplexación por División de la Frecuencia             |
| FM       | Frequency Modulation                              | Frecuencia Modulada                                      |
| FTP      | Foiled Twisted Pair                               | Par Trenzado con Pantalla Global                         |
| FSK      | Frequency Shift Keying                            | Modulación por Desplazamiento de Frecuencia              |
| GFC      | Generic Flow Control                              | Control del Flujo Genérico                               |
| GP       | Glide Path  | Senda de planeo  |
| GPS      | Global Positioning System                         | Sistema de Posicionamiento Global                        |
| HDB3     | High Density Bipolar 3                            | Alta Densidad Bipolar 3                                  |
| HDLC     | High-level Data Link Control                      | Control de Enlace de Datos de Alto Nivel                 |
| HEC      | Header Error Correction                           | Cabecera de Corrección de Errores                        |
| I/O      | Input / Output                                    | Entrada / Salida   |
| IEC      | International Electrotechnical Commission         | Comisión Internacional Electrotécnica                    |
| IEEE     | Institute of Electrical and Electronics Engineers | Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos        |
| ILS      | Instrument Landing System                         | Sistema de Aterrizaje Instrumental                       |
| IP       | Internet Protocol                                 | Protocolo de Internet                                    |
| ISO      | International Organization for Standardization    | Organización Internacional para Estandarización          |
| ITU      | International Telecommunication Union             | Unión Internacional de Telecomunicaciones                |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| ACRÓNIMO   | DEFINICIÓN (ING)  | DEFINICIÓN (ESP)   |
|------------|---|--|
| ITU-R      | International Telecommunication Union – Radio             | Unión Internacional de Telecomunicaciones - Radio              |
| ITU-T      | International Telecommunication Union – Telecommunication | Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telecomunicaciones |
| LAN        | Local Area Network  | Red de Área Local  |
| LASER      | Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation   | Amplificación de la Luz por Emisión Estimulada de la Radiación |
| LED        | Light Emitting Diode                                      | Diodo Emisor de Luz  |
| LOC        | LOCizer   | Localizador  |
| LSZH       | Low Smoke Zero Halogen                                    | Retardante de la Llama y Sin Halógenos                         |
| MAC        | Media Access Control                                      | Control de Acceso al Medio                                     |
| MAN        | Metropolitan Area Network                                 | Red de Área Metropolitana                                      |
| MIB        | Management Information Base                               | Base de la Información de Gestión                              |
| MM         | Multi-Mode  | Multimodo  |
| MPLS       | MultiProtocol Label Switching                             | Conmutación Multiprotocolo mediante Etiquetas                  |
| MSOH       | Multiplexer Section OverHead                              | Cabecera de la Sección de Multiplexación                       |
| MS-SP Ring | Multiple Section-Shared Protection Ring                   | Protección en Anillo de Sección Compartida Múltiple            |
| MTBF       | Mean Time Between Failures                                | Tiempo Medio Entre Fallos                                      |
| MTM        | Maintenance Technical Manual                              | Manual Técnico de Mantenimiento                                |
| MTTR       | Minimum Time To Restore                                   | Tiempo Mínimo de Reposición                                    |
| NA         | -   | Navegación Aérea   |
| NIC        | Network Interface Card                                    | Tarjeta de Interfaz de Red                                     |
| OACI       | -   | Organización de Aviación Civil Internacional                   |
| ODF        | Optical Distribution Frame                                | Panel de Distribución Óptico                                   |
| OSI        | Open System Interconnection                               | Interconexión de sistemas Abiertos                             |
| OSPF       | Open Shortest Path First                                  | El Primer Camino Abierto Más Corto                             |
| OTDR       | Optical Time Domain Reflectometer                         | Reflectómetro de Dominio Temporal Óptico                       |
| PBX        | Private Branch eXchange                                   | Central de Conmutación Privada                                 |
| PCM        | Pulse Code Modulation                                     | Modulación por Impulsos Codificados                            |
| PDH        | Plesiochronous Digital Hierarchy                          | Jerarquía Digital Plesiócrona                                  |
| PM         | Phase Modulation  | Modulación de Fase   |
| PoE        | Power over Ethernet                                       | Energía sobre Ethernet   |
| POH        | Path OverHead   | Cabecera de Camino   |
| PPM        | Pulse Position Modulation                                 | Modulación por la Posición de los Impulsos                     |
| PRC        | Primary Reference Clock                                   | Reloj de Referencia Primario                                   |
| PS         | Power Supply  | Fuente de Alimentación   |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| ACRÓNIMO | DEFINICIÓN (ING)                         | DEFINICIÓN (ESP)                                |
|----------|--|---|
| PSK      | Phase Shift Keying                       | Modulación por Desplazamiento de la Fase        |
| PSTN     | Public Switches Telephone Network        | Red Telefónica Pública Conmutada                |
| PT       | Payload Type                             | Tipo de Carga                                   |
| PVC      | Polyvinyl Chloride                       | Poli cloruro de Vinilo                          |
| QAM      | Quadrature Amplitude Modulation          | Modulación por Amplitud en Cuadratura           |
| QoS      | Quality of Service                       | Calidad de Servicio                             |
| RAID     | Redundant Array of Inexpensive Disks     | Conjunto Redundante de Discos Independientes    |
| RDSI     | Integrated Service Digital Network       | Red Digital de Servicios Integrados             |
| RIP      | Routing Interior Protocol                | Protocolo Interior de Enrutamiento              |
| RJ45     | Registered Jack 45                       | Conector Tipo 45                                |
| RSOH     | Regeneration Section OverHead            | Cabecera de la Sección de Regeneración          |
| RSTP     | Rapid Spanning Tree Protocol             | Protocolo Rápido de Árbol en Expansión          |
| SAT      | Scholastic Assessment Test               | Pruebas de Evaluación Funcional                 |
| SATA     | Serial Advance Technology Attachment     | Tecnología Avanzada de Almacenamiento Serie     |
| SCM      | -  | Servicio de Comunicaciones Móviles              |
| SCSI     | Small Computer System Interface          | Interfaz de Sistema Para Pequeñas Computadoras  |
| SDH      | Synchronous Digital Hierarchy            | Jerarquía Digital Síncrona                      |
| SDRAM    | Synchronous Dynamic Random-Access Memory | Memoria Síncrona y Dinámica de Acceso Aleatorio |
| SEC      | Synchronous Equipment Clock              | Reloj de Equipo Síncrono                        |
| SFP      | Small Form-factor Pluggable              | Pequeño Factor de Forma Enchufable              |
| SHDSL    | Single Pair Digital Subscriber Line      | Línea de Abonado Digital de Par Trenzado        |
| SIP      | Session Initiation Protocol              | Protocolo de Inicio de Sesión                   |
| SM       | Single-Mode                              | Monomodo  |
| SNCP     | Sub network Connection Protection Ring   | Protección de Anillo de Conexión a la Subred    |
| SNMP     | Simple Network Management Protocol       | Protocolo Simple de Gestión de Red              |
| SONET    | Synchronous Optical NETwork              | Red Óptica Síncrona                             |
| SSA      | System Safety Assessment                 | Evaluación de la Seguridad del Sistema          |
| SSB      | Single Side Band                         | Banda Lateral Única                             |
| SSD      | Solid State Drive                        | Disco de Estado Sólido                          |
| SSH      | Secure Shell                             | Intérprete de Órdenes Seguras                   |
| SSU      | Synchronization Supply Unit              | Unidad de Fuente de Sincronización              |
| STM      | Synchronous Transport Module             | Módulo de Transporte síncrono                   |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| ACRÓNIMO  | DEFINICIÓN (ING)                                | DEFINICIÓN (ESP)  |
|-----------|---|---|
| STP       | Shielded Twisted Pair<br>Spanning Tree Protocol | Par Trenzado Apantallado<br>Protocolo de Árbol en Expansión |
| T/A       | -   | Tierra – Aire   |
| T/T       | -   | Tierra – Tierra   |
| TCM       | Trellis Coded Modulation                        | Modulación por Código de Trelles                            |
| TDM       | Time Division Multiplexing                      | Multiplexación por División del Tiempo                      |
| TCP       | Transport Control Protocol                      | Protocolo de Control de Transporte                          |
| TU        | Tributary Unit                                  | Unidad Tributaria   |
| TUG       | Tributary Units Group                           | Grupo de Unidades Tributarias                               |
| TWR       | control ToWeR                                   | Torre de Control  |
| UDP       | User Datagram Protocol                          | Protocolo de Datagramas de Usuario                          |
| UHF       | Ultra High Frequency                            | Frecuencia Ultra Alta                                       |
| UNE       | -   | Unificación de Normativas Españolas                         |
| UTP       | Unshielded Twisted Pair                         | Par Trenzado No Apantallado                                 |
| Vac / VAC | Voltage Alternating Current                     | Tensión para Corriente Alterna                              |
| VC        | Virtual Container                               | Contenedor Virtual  |
| Vdc / VDC | Voltage Continuous / Direct Current             | Tensión para Corriente Continua/Directa                     |
| VCI       | Virtual Channel Identifier                      | Identificador de Canal Virtual                              |
| VESA      | Video Electronic Standard Association           | Asociación de Estándares Electrónicos de Video              |
| VGA       | Video Graphic Array                             | Matriz Gráfica de Video                                     |
| VHF       | Very High Frequency                             | Frecuencia Muy Alta   |
| VLAN      | Virtual Local Area Network                      | Red Virtual de Área Local                                   |
| VoIP      | Voice Over Internet Protocol                    | Voz Sobre Protocolo de Internet                             |
| VOR       | VHF Omnidirectional Range                       | Radiofaro VHF Omnidireccional                               |
| VPI       | Virtual Path Identifier                         | Identificador de Camino Virtual                             |
| WAN       | Wide Area Network                               | Red de Área Extensa   |
| WLAN      | Wireless Local Area Network                     | Red de Área Local Inalámbrica                               |
| WDM       | Wavelength Division Multiplexing                | Multiplexación por División de la Longitud de Onda          |

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## GLOSARIO DE UNIDADES

| MEDIDA        | DEFINICIÓN                         |
|---------------|------------------------------------|
| km            | kilómetros ( $10^6$ metros)        |
| m             | metro                              |
| $\mu\text{m}$ | micrómetros ( $10^{-6}$ metros)    |
| nm            | nanómetros ( $10^{-9}$ metros)     |
|               |                                    |
| bps           | bits por segundo                   |
| kbps          | Kilobits por segundo ( $10^3$ bps) |
| Mbps          | Megabits por segundo ( $10^6$ bps) |
| Gbps          | Gigabits por segundo ( $10^9$ bps) |
|               |                                    |
| dB            | decibelio                          |
| dBm           | decibelios por miliwatio           |
|               |                                    |
| Hz            | Hertzio                            |
| kHz           | Kilo Hertzios ( $10^3$ Hertzios)   |
| MHz           | Mega Hertzios ( $10^6$ Hertzios)   |
| GHz           | Giga Hertzios ( $10^9$ Hertzios)   |
|               |                                    |
| V             | Voltios                            |
| mV            | miliVoltios ( $10^{-3}$ Voltios)   |
|               |                                    |
| W             | Wattios                            |
| mW            | miliWattios ( $10^{-3}$ Wattios)   |
|               |                                    |
| A             | Amperios                           |
| mA            | miliAmperios ( $10^{-3}$ Amperios) |
| Ah            | Amperios por hora                  |

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*



# Capítulo 1

## Introducción

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## 1.- INTRODUCCIÓN

En los siguientes apartados se explicará la estructura del presente documento, para facilitar desde un principio el seguimiento de sus distintos apartados y de su contenido.

Después, se pasará a explicar la situación actual que presenta el aeropuerto y finalmente, se hará una descripción y una evaluación de la solución propuesta para la implantación del sistema de comunicaciones en el aeropuerto.

### 1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto, es equipar a un aeropuerto de un nuevo sistema de comunicaciones mediante anillo de fibra óptica, con el fin, de crear comunicaciones entre todos los emplazamientos de Navegación Aérea implicados.

En el actual documento, se presenta una descripción de la solución de la posible instalación e implantación del nuevo sistema Tierra-Tierra. Además, se detallará el equipamiento elegido para tal fin, y las razones del porqué de esta elección, conforme a los requisitos especificados por el cliente.

### 1.2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Para el correcto entendimiento y comprensión de toda la instalación e integración del sistema Tierra-Tierra, el presente documento se ha estructurado de la siguiente manera:

- En el *Capítulo 1* se presenta una breve descripción de la memoria del proyecto y las especificaciones técnicas y administrativas del cliente, donde se encuentra el plazo, lugar de entrega y garantía del proyecto. También se hace un repaso por las características del sistema de comunicaciones previas a la instalación, entre ellas se incluye la descripción del entorno, y la solución final adoptada.
- En el *Capítulo 2* se hará un repaso del estado del arte de las diferentes tecnologías de comunicaciones existentes actualmente, como pueden ser las tecnologías de transporte basadas en la frecuencia, FDM (multiplexación por división de la frecuencia); el tiempo, ATM (Modo de Transferencia Asíncrono), PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona) y SDH (Jerarquía Digital Síncrona) y en la longitud de onda, WDM (Multiplexación de la Longitud de Onda), CWDM (Multiplexación Gruesa de la Longitud de Onda), DWDM (Multiplexación Densa de la Longitud de Onda). También se describirán las tecnologías de red basadas conmutación de paquetes TCP/IP (Protocolo de Control y Transporte/Protocolo de Internet) y Ethernet. Y por último se hará una revisión de los diferentes medios de transmisión existentes.
- En el *Capítulo 3* se explicará de una forma detallada la solución técnica elegida para la realización de la instalación e implantación del nuevo sistema de comunicaciones. Para ello se incluirán los cálculos necesarios tanto de consumo de energía como de capacidad de la red, haciendo que la solución sea la más óptima para la situación actual del

aeropuerto. Además, se describirá la parte logística del proyecto (formación, repuestos y documentación de entrega).

- En el *Capítulo 4* se incluirán las pruebas y resultados necesarios para la verificación de la funcionalidad de la instalación.
- En el *Capítulo 5* se presentará el presupuesto final del proyecto, analizando los diferentes costes de equipamiento, mano de obra y valoración de adicionales.
- En el *Capítulo 6* se describirán las conclusiones finales obtenidas a lo largo del proceso de evaluación y diseño del sistema de comunicaciones propuesto.

Por último, se adjuntará una relación de Anexos que completará la memoria de este proyecto con la descripción técnica de los equipos, el diagrama de planificación del proyecto y los planos y esquemas desarrollados en el diseño del sistema.

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

En este proyecto están implicados cinco emplazamientos, tal y como se explicará en los siguientes apartados. A continuación se dará una descripción de las funciones que se llevan a cabo en cada uno de ellos, como se puede consultar en el libro [1] *Localización Aeronáutica: Radioayudas, Radar y GPS* de Julio González Bernaldo de Quirós.

#### 1.3.1 TORRE DE CONTROL (TWR)

Es el emplazamiento desde donde se realiza el control del tráfico aéreo en la zona de un aeropuerto y sus inmediaciones, es decir, el control del rodaje, el despegue, la aproximación y el aterrizaje de los aviones. Aquí se encuentran los controladores aéreos, cuya función consiste en ordenar el tráfico de forma rápida y segura. En la sala técnica de la TWR se encuentran instalados los sistemas de comunicaciones Tierra-Tierra (entre emplazamientos del aeropuerto) y Tierra-Aire (entre el aeropuerto y las aeronaves o vehículos del aeropuerto) necesarios para llevar a cabo la misión de control del aeropuerto.

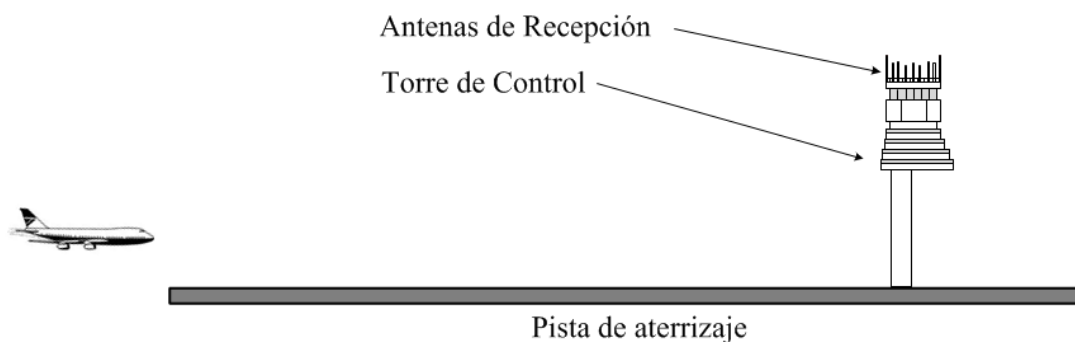


Figura 1.1. Esquema de vista lateral de la Torre de Control

#### 1.3.2 CENTRO DE TRANSMISORES (CTX)

En este emplazamiento se encuentra el equipamiento y las antenas de transmisión de las frecuencias aeronáuticas en uso del aeropuerto. Su control se realiza desde la Torre de Control y debe de estar a una distancia adecuada para que los equipos de recepción situados en la propia TWR no sufran interferencias al realizar transmisiones.

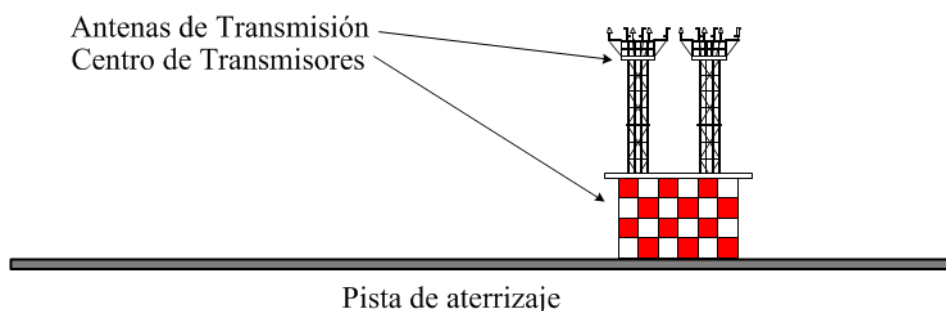


Figura 1.2. Esquema de vista lateral del Centro de Transmisores

### 1.3.3 LOCALIZADOR (LOC)

Este subsistema, forma parte junto con el GP (senda de planeo), de la radioayuda ILS o Sistema de Aterrizaje Instrumental. El Localizador se encarga de proporcionar información de guía lateral respecto al eje de pista durante la maniobra de aproximación final para el aterrizaje. Esta información, se presenta de modo visual en el indicador de curso del instrumento de navegación ILS, y permite al piloto mantener la dirección horizontal de vuelo apropiada, indicándole cómo debe efectuar la maniobra para estar “centrado con el localizador”.

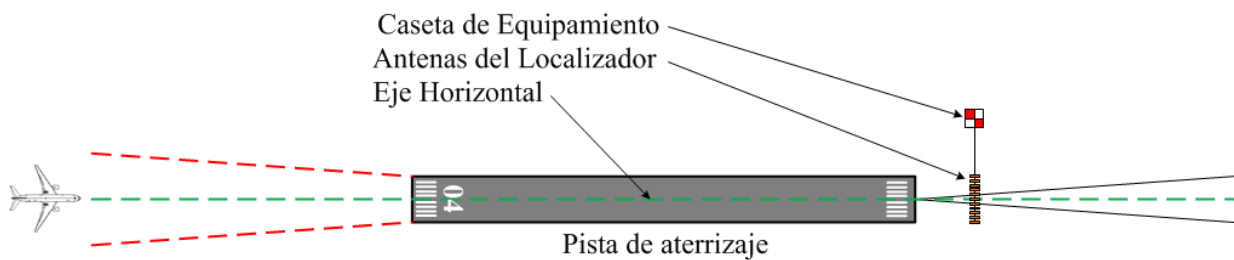


Figura 1.3. Esquema de vista superior del eje horizontal del Localizador

### 1.3.4 SENDA DE PLANEEO (GP)

Este subsistema proporciona una trayectoria de descenso a lo largo del eje de rumbo definido por el localizador. La información que proporciona se presenta visualmente en el indicador de curso del instrumento de navegación ILS, y permite al piloto mantener la dirección senda de planeo apropiada para un ángulo de descenso definido, indicándole como debe efectuar la maniobra para estar “en senda”.

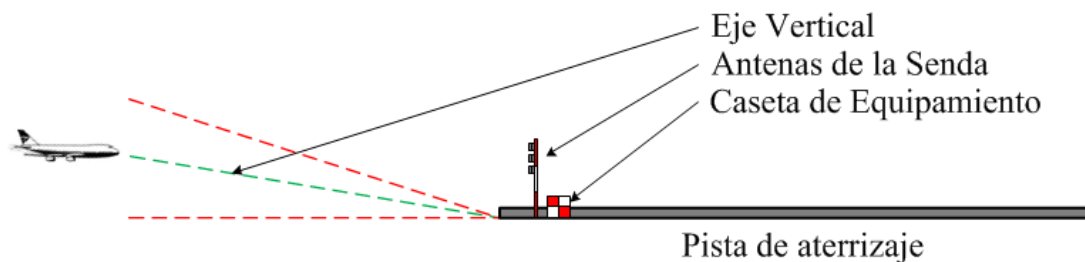


Figura 1.4. Esquema lateral del eje vertical de la Senda

### 1.3.5 RADIOFARO OMNIDIRECCIONAL VHF (VOR) Y EQUIPO DE MEDIDA DE DISTANCIA (DME)

El emplazamiento VOR contiene un radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia. Este equipo ayuda a la navegación aérea en distancias medias clasificado como de transmisión direccional. La información de guiado suministrada por este equipo es singular en cada dirección de tal manera que, una vez decodificada, permite conocer el radial en que está ubicado el receptor de una dirección de referencia que generalmente es el norte magnético (coincide con los 0°) de la estación VOR.

El sistema VOR es una radioayuda que proporciona a las aeronaves dos funciones básicas:

- **Función de navegación:** proporcionando indicación de acimut respecto a un radial seleccionado.
- **Función de guiado:** proporciona a la aeronave información acerca de si vuela hacia o desde la estación.

En el caso del presente proyecto, en lugar de tener un VOR convencional, se dispone de un DVOR (*Doppler VHF Omnidirectional Range*), formado por veintiséis parejas de antenas dipolo situadas en círculo y una antena dipolo central, todas ellas omnidireccionales. Entre las características que mejoran al convencional se encuentran el funcionamiento basado en efecto Doppler y el sistema de transmisión no direccional para dotarlo de una mayor precisión. Se utiliza este tipo de VOR ya que es capaz de dar prestaciones cuando hay problemas de tipo reflexivo en obstáculos geográficos o metálicos, debido a la técnica de Doppler que emplea.

Coemplazado con este equipo se encuentra el sistema DME (*Distance Measurement Equipment*), utilizado para medir la distancia entre una aeronave y la estación de tierra que tenga sintonizada.

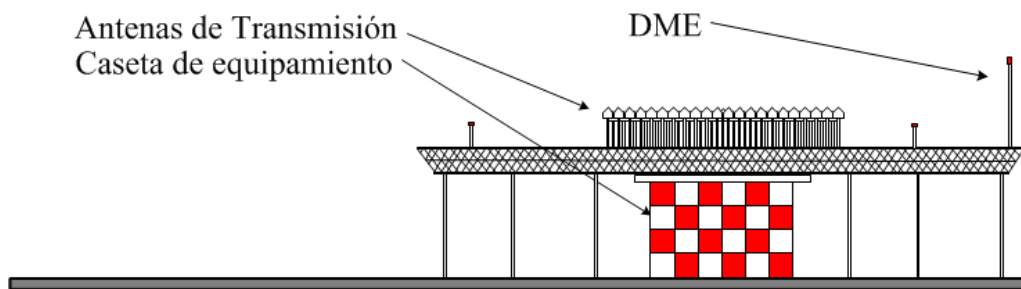


Figura 1.5. Esquema de lateral de una estación DVOR-DME

## 1.4 SITUACIÓN ACTUAL

El desarrollo del presente proyecto se ha diseñado para un aeropuerto en el que existen diferentes emplazamientos propios de Navegación Aérea. En este caso, está compuesto por cinco emplazamientos:

- La Torre de Control, cuya denominación durante el resto del proyecto se realizará con las siglas “*TWR*”.
- Centro de Transmisores de Torre, cuyas siglas son “*CTx*”.
- Senda de planeo, con las siglas “*GP*”.
- Localizador de Aterrizaje, denominado con las siglas “*LOC*”.
- Radiofaro Omnidireccional Doppler de Muy Alta Frecuencia, será identificado como “*DVOR*”.

En el apartado “2.3. *Emplazamientos del Aeropuerto y funcionalidades*” del “*Capítulo 2. Estado del Arte*”, se explica de forma detallada la función de cada uno de estos emplazamientos dentro de la Navegación Aérea. El sistema Tierra/Tierra existente actualmente en el Aeropuerto consiste en una combinación de enlaces de fibra óptica y pares entre los distintos emplazamientos que dependen de Navegación Aérea. En el siguiente esquema se puede observar la estructura aproximada de las conexiones entre los emplazamientos:

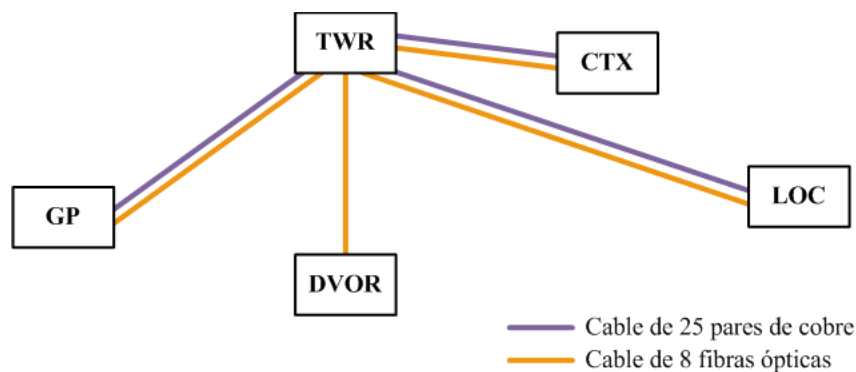


Figura 1.6. Estructura física inicial del Aeropuerto

Como se puede observar las conexiones entre cada uno de ellos y TWR se realiza de la siguiente manera:

- **CTX**: actualmente se encuentra instalada un cable de 25 pares y otro cable de 8 fibras ópticas.
- **LOC**: se dispone de una doble vía consistente en un cable de 25 pares y otro de 8 fibras ópticas.
- **DVOR**: este emplazamiento se encuentra interconectado con TWR mediante un cable de 8 fibras ópticas.
- **GP**: se dispone de una doble vía consistente en un cable de 25 pares y otro de 8 fibras ópticas.



## **1.5 REQUISITOS GENERALES**

El presente proyecto de diseño de un sistema de comunicaciones mediante fibra óptica parte de las especificaciones técnicas y administrativas, donde se detallan las características propias del proyecto. De ellas, se obtienen los requerimientos técnicos (capacidad de los enlaces, sistemas de alimentación, tecnologías a usar) y administrativos (garantía, plazo de ejecución) del cliente.

Para los distintos emplazamientos de la nueva instalación, las especificaciones cuentan con una parte común de requerimientos a nivel de servicios de comunicaciones y transporte físico, y también con una parte específica donde se detalla la tecnología a utilizar. Dichos requerimientos se muestran a continuación.

### **1.5.1 ESPECIFICACIONES GENERALES**

La realización del proyecto implicará la instalación de un sistema global de comunicaciones basado en fibra óptica para comunicar entre sí, los diferentes emplazamientos interiores y que dan servicio al aeropuerto.

El sistema global estará compuesto por dos subsistemas bien diferenciados, uno de ellos dará soporte a los servicios propios del aeropuerto (frecuencias y radioayudas) y estará basado en la tecnología SDH. El otro subsistema dará soporte a los servicios de supervisión, control y monitorización basados en la tecnología Ethernet/IP.

Ambos subsistemas deben de tener las características de calidad y disponibilidad oportunas para asegurar un primer nivel de fallo, es decir, se basarán en redundancia de caminos y protección física de las comunicaciones.

Se requiere la instalación de equipos adaptados a racks de 19" de ancho y 42U de altura (1U equivale a 4,445 cm de altura) en el emplazamiento de la Torre de Control y 31U en el resto de los emplazamientos para mantener la homogeneidad de las instalaciones.

#### **1.5.1.1 SERVICIOS TRIBUTARIOS Y AGREGADOS**

Los requerimientos de capacidad para los distintos servicios existentes en el aeropuerto son diferentes, dependiendo del emplazamiento aeronáutico donde se vayan a instalar los equipos. A continuación se muestra la tabla del número de canales e interfaces de entrada y salida (tributarios y agregados) requeridos para cada emplazamiento:

| INTERFACES DEL SISTEMA              |  | TWR | CTX | LOC | DVOR | GP |
|-------------------------------------|--|-----|-----|-----|------|----|
| <b>Servicios Agregados</b>          | STM-1 <sup>1</sup>   | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  |
| <b>Servicios Tributarios de Voz</b> | Audio 600 $\Omega$ a 4 Hilos Señalización E&M <sup>2</sup> | 9   | 6   | 2   | 1    | 2  |
|                                     | Telefonía 2 Hilos Lado Centralita                          | 4   | -   | -   | -    | -  |
|                                     | Telefonía 2 Hilos Lado Abonado                             | -   | 1   | 1   | 1    | 1  |
| <b>Servicios Agregados de Datos</b> | Datos de Baja Velocidad RS-232                             | 4   | 1   | 1   | 1    | 1  |
|                                     | Datos de Alta Velocidad V.35                               | 4   | 1   | 1   | 1    | 1  |

Tabla 1.1. Requerimientos de Servicios Tributarios y Agregados por emplazamiento.

### 1.5.2 ESPECIFICACIONES PARA LAS COMUNICACIONES SDH

El sistema propuesto contará con un sistema de comunicación a través de equipos electro/ópticos SDH comúnmente llamados ADM (Multiplexor de Inserción y Extracción) con capacidad de cross-conexión. Los equipos SDH actuarán como un sistema de transporte que se deberá configurar como terminal de línea a 155 Mbps STM-1, con varias formas de protección MS-SP (Protección en Anillo de Sección Compartida Múltiple) o SNCP (Protección de Anillo de Conexión a la Subred), permitiendo en enlaces punto a punto y conexiones en anillo.

Se deberá poder usar en soluciones de red donde se encuentren sistemas plesiócronicos convencionales o sistemas síncronicos, así como los flujos de datos procedentes de LAN (Red de Área Local) y de Internet. Como cross-conexión deberá poder manejar los niveles VC-12/3/4 (Contenedor Virtual tipo 12, tipo 3, tipo 4). Además de las características mencionadas anteriormente, entre sus funcionalidades deberá contar con:

- Técnica de multiplexación/demultiplexación simplificada con acceso directo a tributarios de más baja velocidad.
- Capacidad de administración y mantenimiento a través del protocolo SNMP (Protocolo Simple de Gestión de Red).
- Capacidad de integración en redes en anillo con interfaces de datos Ethernet 10/100 para el transporte de flujos de datos IP mediante la infraestructura SDH.
- Alimentación a -48VAC (Voltios en Corriente Alterna), compatible con los diferentes estándares de señalización telefónica para generación de llamadas (en caso de ser necesario).

<sup>1</sup> STM-1: Módulo de Transferencia Síncrono (155 Mbps)

<sup>2</sup> E&M: Escucha y Mando (Aplicado a señalizaciones de servicios de audio)

### **1.5.3 ESPECIFICACIONES PARA LAS COMUNICACIONES IP**

La red de comunicaciones IP servirá para separar de forma clara los servicios aeronáuticos del aeropuerto (que irán por la red SDH), de las comunicaciones de supervisión, monitorización y control. Dichas comunicaciones se realizarán por dos fibras ópticas diferentes y se fundamentarán en los protocolos de Ethernet/802.3 con una velocidad de:

- 1 Gbps en las enlaces troncales con interfaces de fibra óptica monomodo, ubicados entre los emplazamiento.
- 10/100 Mbps mediante cableado UTP (Par Trenzado No Apantallado) categoría 5e/6, entre los equipos dentro de cada emplazamiento.

#### **1.5.3.1 ENRUTADOR PRINCIPAL DE CAPA DE RED**

El enrutador principal (un único equipo situado en la torre de control) debe de ser capaz de operar en la capa 3 del modelo de protocolos OSI (Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos) y su función principal será la de interconectar a los switches ubicados en cada una de los emplazamientos vecinos y configurados en forma de anillo. Otra función importante es permitir la conexión entre las distintas redes virtuales que se definan, para lo que se exigen las siguientes características:

- Manejo de criterios de control de Calidad mediante el manejo de múltiples colas con prioridad para permitir el transporte de canales de voz y video QoS (Calidad de Servicio).
- Capacidad para manejar listas de acceso que permitan aislar el tráfico característico en algunas redes virtuales VLAN (Red Virtual de Área Local).
- Manejo de protocolos de enrutamiento como RIP (Protocolo de Enrutamiento de la Información), EIGRP (Protocolo Interior de Enrutamiento Mejorado), OSPF (Primero el Camino Abierto Más Corto), BGP (Protocolo de Enrutamiento de Borde) entre otros.

#### **1.5.3.2 CONMUTADOR DE CAPA DE ENLACE**

El equipo conmutador de capa 2 (un equipo por emplazamiento) actuará como un sistema de transporte que podrá ser configurado como terminal de línea a 1 Gbps, con varias formas de protección en enlaces lineales y conexiones en anillo STP (Protocolo de Árbol en Expansión), RSTP (Protocolo Rápido de Árbol en Expansión)... Deberá poder ser equipado con salidas hacia cables de fibra óptica como salidas hacia cables metálicos, que como mínimo será de 20 interfaces.

#### **1.5.3.3 SISTEMA DE TELEFONÍA IP**

El sistema de telefonía se gestionará a través de un equipo de Inteligencia de Red que proporcionará los servicios de telefonía IP-SIP (Protocolo de Internet – Protocolo de Inicio de Sesión) alojados en la red. Deberá actuar como servidor de llamadas para todos los elementos SIP de la red para permitir que los usuarios se localicen, siendo capaz de actuar como central

donde se registran todos los usuarios de la red de telefonía y englobar la base de datos de usuarios.

Entre otras características se solicita que el equipo sea capaz de proporcionar una integración de PSTN (Red de Telefonía Pública Conmutada) a IP mediante Gateways. También se instalará un teléfono IP en cada emplazamiento, para comunicaciones por voz entre emplazamientos formando un sistema uniforme de telefonía.

#### **1.5.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

El sistema de alimentación que se deberá usar, se adaptará a la instalación de energía de red ya disponible en cada emplazamiento y que normalmente se corresponde con una acometida de 220VAC desde el cuadro eléctrico existente.

Para ello se han de instalar rectificadores conversores de tensión alterna a continua, para alimentación de los equipos de transporte. También se deberá de proveer de un sistema de baterías para asegurar la estabilidad del sistema principal de servicios (red SDH) en caso de fallo de alimentación de la red general, por un período mínimo de cuatro (4) horas.

#### **1.5.5 MEDIO DE TRANSMISIÓN: FIBRA ÓPTICA**

El sistema de transmisión estaría formado por fibra óptica del tipo G.652.D, estándar del ITU-T [W1] para fibras monomodo de baja atenuación. Estas fibras van agrupadas en conjuntos de 24 cables, para la instalación en la exteriores, túneles o galerías de servicios, donde se requieren características anti-roedores y de no propagación o retardantes de la llama.

Contará con un tubo donde se colocarán las fibras que estará fabricado en acero inoxidable recubierto por una capa de aluminio, ocupando una posición central del cable. Las fibras ópticas constituirán estructuras holgadas (capa de aire o gel) en el interior del tubo para evitar fricciones que puedan dañar el revestimiento y protegerlas de cualquier esfuerzo mecánico externo (tracción, doblado, torsión, golpes...) que se produzca sobre el propio cable.

Se precisarán accesorios para la fibra óptica como paneles de distribución de fibra ODF (Panel de Distribución Óptico) instalados en racks con extremo final FC/PC (Conector de Fibra Óptica/Contacto Físico), cajas de empalme, pigtails, transiciones, conectores y latiguillos de conexión.

#### **1.5.6 SUPERVISIÓN Y GESTIÓN**

El sistema de supervisión y gestión que se solicita estará formado por los diferentes programas propietarios de los fabricantes de los equipos, todos ellos instalados en un puesto de supervisión, control y monitorización en la Torre de Control donde se encuentra el personal de mantenimiento y que hará las funciones de servidor principal.

Dicho puesto de supervisión y control estará compuesto mínimo por:

- PC servidor, instalable en rack de 19", Microsoft® Windows 7, memoria RAM (Memoria de Acceso Rápido) 4 GB, disco duro 500 Gb, tarjeta de red 10/100 Mbps,
- Monitor de 22" y resolución mínima de 1280 x 1024 pixeles.
- Teclado y ratón.
- PC portátil cliente, para realizar las gestiones de forma remota desde cualquiera de los emplazamientos restantes.

### **1.5.7 ESPECIFICACIONES ADMINISTRATIVAS**

La realización del proyecto de comunicaciones se finalizará con la implantación del sistema completamente operativo, en un plazo máximo de dieciocho (18) meses a partir de la fecha de la firma del contrato y que conlleva la aceptación y cumplimiento de todos los requisitos especificados.

El lugar de entrega del nuevo sistema de comunicaciones Tierra-Tierra se realizará en las instalaciones del aeropuerto y afectará a los emplazamientos interiores TWR (Torre de Control), CTx (Centro de Transmisores), LOC (Localizador de Aterrizaje), DVOR (Radiofaro VHF Doppler Omnidireccional) y GP (Senda de Planeo).

Todos los equipos y servicio objetos del presente proyecto, estarán garantizados contra cualquier defecto achacable a su fabricación o instalación, por un periodo de dos (2) años contados a partir de la fecha de la recepción provisional del proyecto.

Forma parte del suministro la entrega de los repuestos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento y la adecuada operación de la instalación durante un plazo mínimo de cuatro (4) años, está garantizado un ciclo de vida de diez (10) años.

## 1.6 REQUISITOS DE SEGURIDAD (SAFETY)

El proyecto actual se basa en el diseño y la instalación de un sistema de comunicaciones entre emplazamientos aeroportuarios y como tal, se requiere cumplir unas características de seguridad mínima en las instalaciones. A continuación se detallan las cláusulas principales y la elaboración de un Plan de Seguridad (Safety).

### 1.6.1 CLÁUSULAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

**Primera.-** se compromete al cumplimiento de las obligaciones que impone al empresario la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, así como toda la reglamentación y normativa, en el ámbito de esta Prevención, que sea de aplicación.

En todo caso, la utilización, de contratas, subcontratas, empresas de trabajo temporal y trabajadores autónomos o cualquier otra forma de contratación, para la ejecución de la obra o servicio objeto de este proyecto, estará sujeta a la legislación vigente y a las condiciones establecidas por el Aeropuerto.

**Segunda.-** Cuando se produzca la concurrencia de empresas o entidades en un centro de trabajo, se debe cumplir y a hacer cumplir, a aquellas empresas o trabajadores autónomos que le presten cualquier tipo de servicio, las siguientes obligaciones:

- Realizar todas aquellas acciones necesarias para garantizar una protección eficaz que evite cualquier tipo de riesgos, o la sinergia de los mismos, con otros que puedan existir o concurrir, para las personas o los bienes, así como a los posibles usuarios del centro.
- Realizar las actuaciones necesarias para la eliminación o el control de cualquier riesgo, inherente o derivado, que proceda de la actividad y que se ejecuten en el mismo centro de trabajo.
- Se deberá informar y formar, adecuadamente, a los trabajadores que de él dependan, de los riesgos posibles específicos de su actividad, así como de los riesgos derivados de la concurrencia de actividades empresariales, informándoles de las medidas de protección y prevención.

Asimismo se deberá:

- Informar al cliente, a todas las empresas y trabajadores autónomos que pudieran verse afectados, sobre los riesgos específicos iniciales y/o sobrevenidos que su actividad pueda originar, así como de las medidas de protección y prevención para evitarlos y/o minimizarlos.
- Comunicar, al cliente cualquier incidente o accidente que se haya producido o situación que ponga de manifiesto un deterioro de las condiciones de seguridad respecto de terceros.
- Informar al cliente y a las demás empresas y trabajadores autónomos presentes en el centro de trabajo de los accidentes que se produzcan como consecuencia de los riesgos de las actividades concurrentes.

- Proporcionar cualquier información, que pueda considerarse relevante, para la prevención y protección en materia de riesgos laborales.
- Cumplir, en lo que le competa, las instrucciones que, en materia de coordinación de actividades empresariales, sean impartidas al cliente.
- Asignar los recursos preventivos que fueran necesarios, con presencia en el centro de trabajo, cualquiera que sea la modalidad de organización de dichos recursos y que hagan preciso el control de la correcta aplicación de los métodos de trabajo y cuando se realicen actividades o procesos considerados como peligrosos o con riesgos especiales.
- Participar en cuantas reuniones u otros actos a los que, en materia de prevención de riesgos laborales, fuesen convocados.

### **1.6.2 CLÁUSULAS EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

- El equipamiento objeto de adquisición (instalaciones o equipos) deberá contar con el oportuno Marcado “CE”, regulado en el Real Decreto 1435/92 sobre "máquinas".
- El equipamiento objeto de adquisición (instalaciones o equipos) deberá acompañarse de la oportuna “*Declaración de Conformidad*”, que en igual medida deberá llevarse a efecto en relación con cada uno de los distintos elementos de seguridad con los que aquél cuente en el momento de la entrega.
- El equipamiento objeto de adquisición deberá acompañarse de un “*Manual*” comprensivo de sus instrucciones de manejo y, en su caso, condiciones de mantenimiento, redactado en -al menos- una de las lenguas oficiales de la Comunidad Autónoma donde se ejecuta el expediente.

## **1.7 NORMATIVAS**

### **1.7.1 NORMATIVA TÉCNICA Y DE INSTALACIÓN**

Para la realización de la instalación se aplicarán y seguirán las siguientes normas y recomendaciones:

- Recomendaciones del ITU-R (radiocomunicaciones), ITU-T (normalización), ETSI, CEPT.
- Anexo 10 de la OACI, donde se encuentran las especificaciones técnicas de aplicación en las telecomunicaciones aeronáuticas.
- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión.

### **1.7.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICO-AMBIENTALES**

Durante la ejecución del presente proyecto se tendrán en cuenta las siguientes condiciones medioambientales de operación:

- Equipos de interior de acuerdo a ETSI ETS 300 019 3.1 o 3.2.
- Equipos de intemperie de acuerdo a ETSI ETS 300 019 4.1.

En cuanto a la compatibilidad electromagnética, se tendrán en cuenta las siguientes normativas de aplicación:

- Con carácter general: ETSI EN 300 386 o EN 300 386-2.
- Los radioenlaces: ETSI EN 301 489-4 o ETS 300 385.

### **1.7.3 NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL**

Se contemplará un estricto cumplimiento de los requisitos medioambientales legales que, en cada momento, se establezcan en los distintos ámbitos: europeo, estatal, autonómico y municipal.

En todo caso, será responsable de cualquier incumplimiento legal que se pueda derivar de la mala gestión ambiental relativa a la actividad o servicio desarrollado en las instalaciones del cliente. Los costes que de ello se originen serán asumidos por completo y se realizará las acciones correctoras necesarias.

Se obliga a que el personal, y el de las subcontratas, conozca todas las normas establecidas sin que, en ningún caso, pueda alegar ignorancia o desconocimiento de las mismas.

El cliente colaborará con el adjudicatario en la mejora del medio ambiente en las instalaciones y en la búsqueda de soluciones adecuadas a los problemas comunes.



#### **1.7.4 REQUISITOS DE INTEROPERABILIDAD**

De cara a comprobar la interoperabilidad para el uso de componentes de los equipos y sistemas objeto del presente proyecto, serán de aplicaciones los siguientes reglamentos:

- Reglamento CE N° 552/2004, relativo a la interoperabilidad de la red europea de gestión del tránsito aéreo.
- Reglamento CE N° 1032/2006, por el que se establecen requisitos para los sistemas automáticos de intercambio de datos de vuelo a efectos de notificación, coordinación y transferencia de vuelos entre dependencias de control del tránsito aéreo.
- Reglamento CE N° 633/2007, por el que se establecen requisitos para la aplicación de un protocolo de transferencia de mensajes de vuelo utilizado a efectos de notificación, coordinación y transferencia de vuelos entre dependencias de control del tránsito aéreo.
- Reglamento CE N° 1265/2007, por el que se establecen prescripciones sobre la separación entre los canales utilizados en la comunicación oral aeroterrestre en el cielo único europeo.

## 1.8 SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución general adoptada contempla el diseño e instalación en estado operativo de un nuevo sistema de comunicaciones mediante un anillo de 24 fibras ópticas para la transmisión de los servicios propios del aeropuerto.

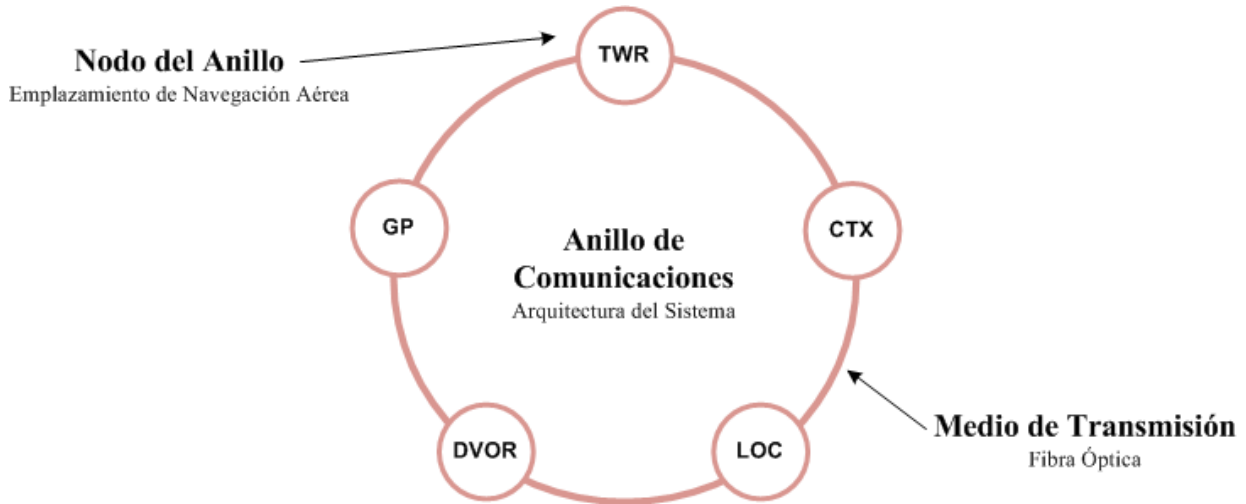


Figura 1.7. Estructura física del Aeropuerto

Se configurarán dos anillos formados por dos fibras ópticas cada uno de ellos de las veinticuatro disponibles. En la siguiente ilustración se puede observar la estructura lógica del Sistema de comunicaciones diseñado para el presente proyecto. El Anillo de servicios esenciales del Aeropuerto se llama "**Anillo SDH**" y toma su nombre debido a la tecnología principal que lo gestionará. Los equipos que se representan en las imágenes forman parte de la solución final y se explicarán sus características en el punto "3.1. Parte Técnica" del "Capítulo 3. Descripción de la Solución":

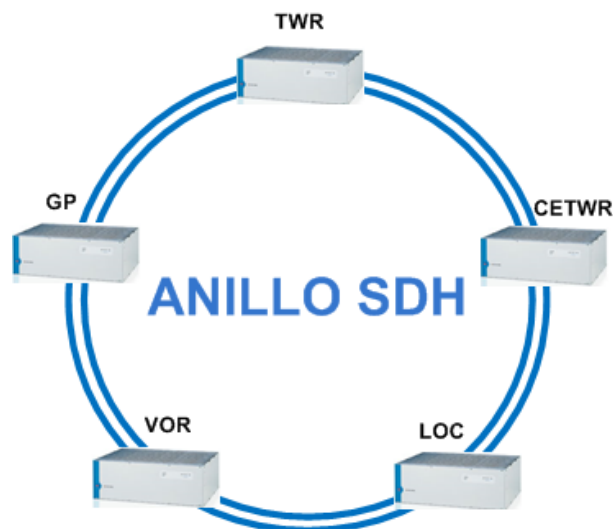


Figura 1.8. Topología de la red SDH mediante anillo de fibra óptica

Adicionalmente al anillo por el que se transmitirán los servicios de los equipos de Navegación Aérea, se ha considerado oportuno la instalación de un segundo anillo paralelo, llamado “*Anillo IP*” por el que se realizará la gestión y supervisión de todos los equipos del sistema. Además tendrá capacidad para conectar todos los equipos de tecnología IP que requieran conectividad entre los emplazamientos. En la siguiente ilustración se puede observar la topología de la red de supervisión:

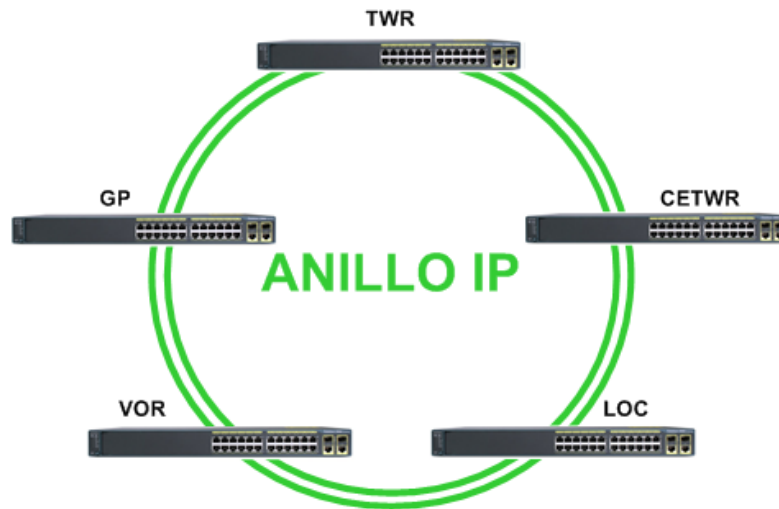


Figura 1.9. Topología de la red IP de supervisión mediante anillo de fibra óptica

Los equipos de objetos de este proyecto quedarán conectados a los existentes en todos los centros implicados de forma que se garanticen las comunicaciones de los servicios actuales y previstos. Para ello se han incluido los cableados, interfaces y adaptaciones necesarios para su correcto funcionamiento.

Como se puede observar en las figuras anteriores se contempla la realización de dos dobles anillos de fibras ópticas, para lo que se ha decidido instalar un único cable de 24 fibras monomodo, con cubierta metálica y LSHZ (retardante de la llama y libre de halógenos), que recorrerá cinco de los emplazamientos del aeropuerto, cubriendo una distancia total de 8200 metros. Los tramos de fibra óptica a realizar serán:

| Tramo   | Longitud a tender |
|---|-------------------|
| TWR-CTx   | 1500 m            |
| CTx-LOC   | 1600 m            |
| LOC-DVOR  | 2500 m            |
| DVOR-GP   | 1400 m            |
| GP-TWR  | 2200 m            |
| <b>Total de cableado de 24 F.O. a suministrar: 8200 m</b> |                   |

Tabla 1.2. Distancia total de los tramos de Fibra Óptica de 24 fibras

## **1.9 REFERENCIA A LAS NORMAS DE APLICACIÓN**

El presente proyecto se presenta dentro del marco de las Comunicaciones aplicadas a la Navegación Aérea Europea, y por lo tanto, toda la normativa aplicada se basa en los estándares y recomendaciones de esta cobertura.

### **1.9.1 NORMATIVA TÉCNICA DE APLICACIÓN**

Para la realización de este proyecto se cumplirá con la aplicación de toda la normativa, instrucciones y reglamentaciones indicadas a continuación:

- Recomendaciones de ITU-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector Radio) [W3], ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector Telecomunicaciones) [W4], ETSI (Instituto Europeo de Estandarización de las Telecomunicaciones) [W5], CEPT (Conferencia Europea de Administraciones, Correos y Telecomunicaciones) [W6] y CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias) [W7].
- Anexo 10 de la OACI (Organización Internacional de Aviación Civil) [W8].
- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión (Decreto 842/2002 de 2 de agosto) [W9].

### **1.9.2 NORMAS NACIONALES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS**

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 de 8 de Noviembre y, en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de los Servicios de Prevención, Real Decreto 39/97 [W10].
- Recomendaciones ITU/CEPT.
- Normativa ISO (Organización Internacional de Estandarización) [W11], CEI (Comisión Internacional Electrotécnica) [W12].
- Normas A.E.E. (Asociación Electrónica Española) [W13] para distintos tipo de materiales eléctricos.
- La aplicación del Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión (Decreto 28-11-68) [W14].
- Normas de la Asociación Electrotécnica Española (AEE) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) para los materiales eléctricos, que sean de aplicación.
- Normas y métodos recomendados por el Anexo 14 de la OACI. “Aeródromos, Volumen I, 1ª edición” de julio de 1990 [W15].
- Real decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997 por el que se aprueban las Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud Laboral en las obras de construcción (BOE del 25 de octubre de 1997) [W16].

En lo que se refiere a la calidad de los materiales empleados en las obras, será la usual para este tipo de proyectos.

# Capítulo 2

## Estado del Arte

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## 2.- ESTADO DEL ARTE

El *Capítulo 2* está dedicado a realizar un análisis del estado del arte de las tecnologías más próximas a la solicitada por el cliente. No obstante, en las especificaciones técnicas se muestra una preferencia por las tecnologías SDH (TDM) e IP para la creación de dos sistemas de comunicaciones paralelos. A continuación se muestra una breve exposición de las tecnologías de multiplexación en frecuencia (FDM), tiempo (TDM) y longitud de onda (WDM), así como la tecnología de transporte de datos Ethernet/IP.

### 2.1 SOLUCIONES SIMILARES

#### 2.1.1 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LA FRECUENCIA: FDM

La Multiplexación *FDM* (División de la Frecuencia) es una técnica utilizada para la transmisión de señales analógicas y digitales por un canal común, transformando las señales que ocupan un mismo rango de frecuencias (banda base), a una banda de frecuencias superior mediante el uso de diferentes señales portadoras.

Si las señales que se desean transmitir son analógicas se emplean las modulaciones AM (Modulación en Amplitud), FM (Modulación en Frecuencia), PM (Modulación en Fase), QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura), DSB (Doble Banda Lateral) o SSB (Banda Lateral Única). Por otro lado, si las señales son digitales, se utilizan diferentes técnicas de modulación como puede ser ASK (Modulación por Desplazamiento de Amplitud), FSK (Modulación por Desplazamiento de Frecuencia), PSK (Modulación por Desplazamiento de Fase), QAM, PPM (Modulación por la Posición de los Impulsos) o TCM (Modulación por Código de Trellis)<sup>3</sup>.

Antes de ser enviadas al destino, las señales son filtradas (con filtros de diferente forma dependiendo de la forma de la señal, paso banda, paso alto, paso bajo) para eliminar los diferentes productos de intermodulación obtenidos tras la combinación con la portadora elegida.

Por último, las señales desplazadas a cada banda son recombinadas mediante un sumador de señales y obtener una única señal, disponible para ser enviada a su destino por el medio de transmisión. Todo este proceso se puede consultar con un mayor nivel de detalle en el libro [2] “*Redes de computadoras*” de Andrew S. Tanenbaum. A continuación se presenta un esquema representativo.

---

<sup>3</sup> Estas modulaciones exceden del alcance del presente proyecto, si se desean más información se puede consultar el libro [2] “*Redes de computadoras*” de Andrew S. Tanenbaum.

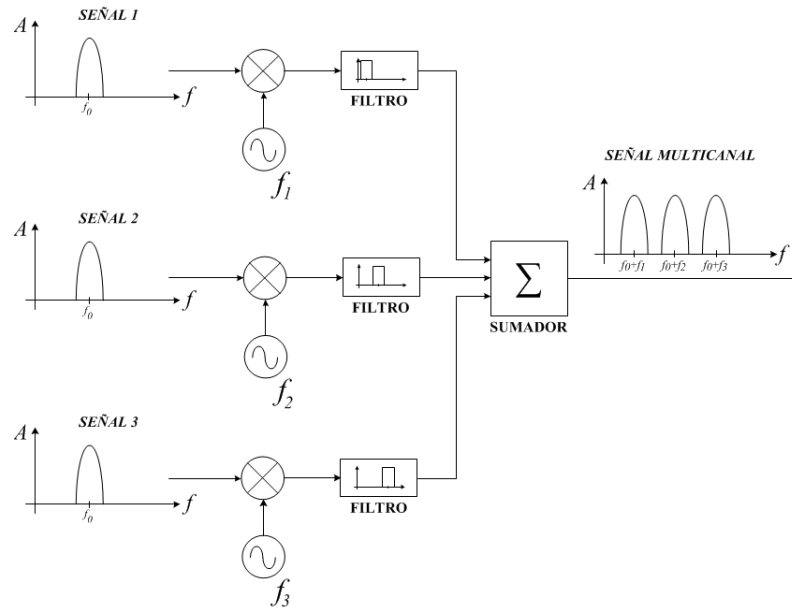


Figura 2.1. Ejemplo de Multiplexación por División de la Frecuencia (en el dominio de la frecuencia) [F1]

Este sistema permite separar todo el espectro de frecuencias disponible en muchos canales de transmisión independientes y bien identificados por la frecuencia portadora. Ejemplos del uso de esta tecnología son los canales de radio en AM, FM, las emisoras de televisión o los sistemas de telefonía móvil y satelital.

### 2.1.2 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DEL TIEMPO: TDM

La Multiplexación por División del Tiempo (TDM) es una técnica utilizada para la transmisión de señales digitales por un canal común de gran capacidad durante fracciones de tiempo previamente establecidas.

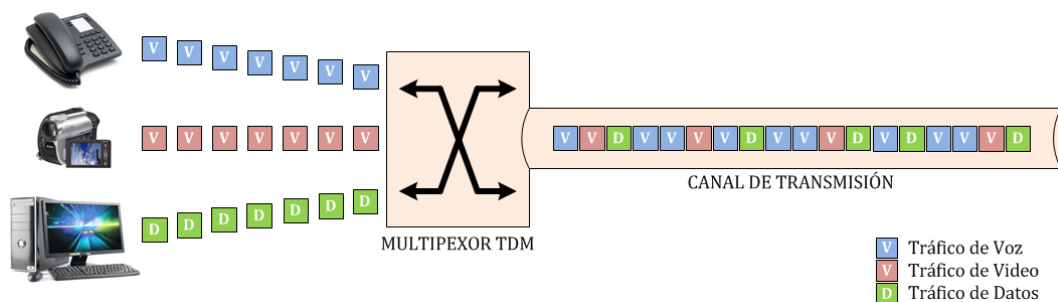


Figura 2.2. Ejemplo de Multiplexación por División del Tiempo

Dichos intervalos temporales pueden tener diferentes tamaños y capacidades por lo que dependen de la tecnología usada. Las tecnologías más extendidas son las que se explican a continuación.



### 2.1.2.1 MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO (ATM)

El Modo de Transferencia Asíncrono (*ATM*) es una tecnología de multiplexación por división del tiempo que se basa en la creación de estructuras fijas de datos de 53 bytes (celdas) para enviar información. Dichas celdas contienen la información a enviar en bloques de 48 bytes (llamado *payload*), precedida por una cabecera de 5 bytes de tamaño, que identifica al terminal transmisor. En la cabecera se encuentran los siguientes campos:

- *GFC*: Se usa para labores de Gestión del Tráfico de la Comunicación.
- *VPI* y *VCI*: Son los Identificadores de Ruta Virtual y de Circuito virtual para establecer comunicación con el destino.
- *PT (Tipo de Carga)*: Indica si la celda es de control del flujo o información de usuario.
- *CLP*: Indica el nivel de prioridad de la celda para ser descartada si hay congestión.
- *HEC*: Código de corrección de errores de cabecera, permite detectar errores en la transmisión y corregirlos.

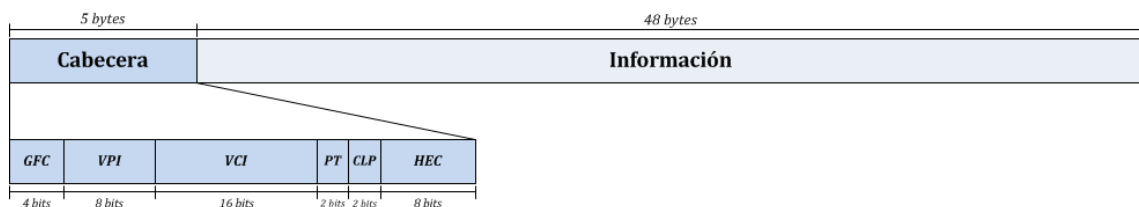


Figura 2.3. Estructura de datos para una celda ATM [F2]

La comunicación está orientada al establecimiento de una conexión entre transmisor y receptor, en la cual las celdas llegan en orden al destino mediante caminos o circuitos virtuales, lo que asegura un nivel de calidad al usuario final. Los diferentes flujos de información se agrupan en diferentes módulos ATM para ser transportados mediante enlaces de alta capacidad (155 Mbps o 622 Mbps).

El modelo arquitectónico de esta tecnología está dividido en tres capas para hacer la conmutación de celdas adaptable a los diferentes tipos de tráfico. Las tres capas identificadas en este modelo son:

- *Capa física*: dependiendo del medio de transmisión se adaptan los flujos o se añaden cabeceras.
- *Capa ATM*: es la que se encarga de realizar la multiplexación y conmutación.
- *Capa AAL*: adapta las celdas ATM a la siguiente capa, facilitando la gestión de los datos, determinando los modos de conexión, sincronismo.

### 2.1.2.2 JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH)

La Jerarquía Digital Plesiócrona [2] es una técnica de comunicaciones para transmisión de información (audio y datos) por cable o microondas entre dos puntos físicamente separados. Se basa en la transmisión de una Señal básica llamada E1 cuya velocidad es de 2048 kbps (Europa) o T1 con una velocidad de 1544 kbps (EEUU y Japón). Esta trama está compuesta por 32 canales (Time Slots) cada uno de 64 kbps según Norma G.711 (ITU-T 1972) [W17]. Para

establecer la comunicación es posible hacerlo mediante una sincronización común, aunque no es necesaria. Las interfaces estándares para esta tecnología son:

- **No balanceada:** Conector Sub-D15 con impedancia de  $75\Omega$  mediante cable coaxial.
- **Balanceada:** Conector RJ45 con impedancia de  $120\Omega$  mediante cable de pares.

Esta tecnología fue diseñada para transportar señales analógicas de voz (líneas telefónicas) mediante la conversión a señales digitales. Para ello requiere el paso por tres etapas o sistemas independientes como son un muestreador (toma de muestras de la señal analógica), un cuantificador (asignación de valores digitales) y un codificador (conversión a código de transmisión).

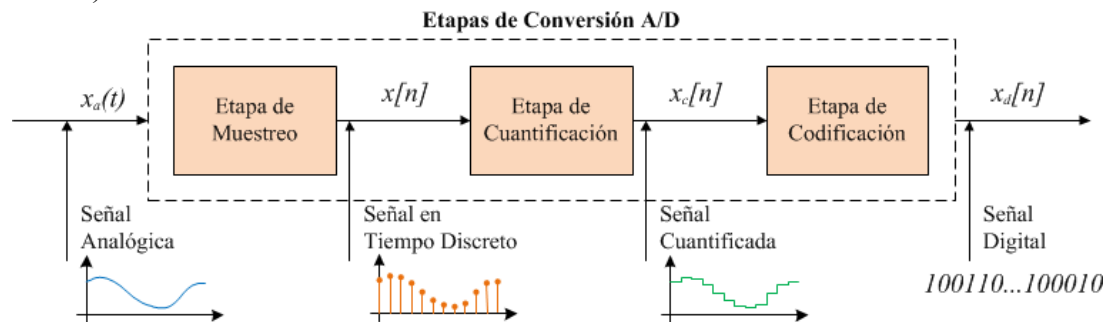


Figura 2.4. Proceso de conversión de Señal Analógica a Señal Digital

A continuación se describe de forma breve cada una de estas etapas, como se puede consultar en [2], hasta conseguir obtener la señal básica E1 (2048 kbps) de la tecnología PDH, pasando por el proceso de Conversión analógica Digital para al final realizar un encapsulamiento PCM.

Para este tipo de transmisión y tecnología se usa la codificación digital HDB3 (*High Density Bipolar 3*), con ella conseguimos eliminar la componente continua de la señal binaria, mediante la alternancia de polaridad para los valores binarios '1' y 'V' y donde más de tres ceros seguidos se considera violación de cadena de ceros usándose las cadenas.

#### 2.1.2.2.1 ESTAPA DE ENCAPSULAMIENTO PCM

Una vez obtenida la señal digital, ya está disponible para ser introducida en uno de los 32 diferentes canales o slots de tiempo (Time Slots) en los que se divide la trama E1. A este proceso se le conoce con el nombre de *Encapsulamiento PCM* y existen dos formas de trabajo:

- **PCM30:** 30 canales de 64 kbps cada uno para información y dos canales reservados para control, TS0 denominado canal de sincronización y alarmas, y TS16, denominado canal de señalización para el audio (CAS).
- **PCM31:** 31 canales de 64 kbps cada uno para información y un canal reservado para control, TS0 denominado canal de sincronización y alarmas.

En la imagen que se muestra a continuación se describen los dos tipos de encapsulamiento PCM para una señal digital:

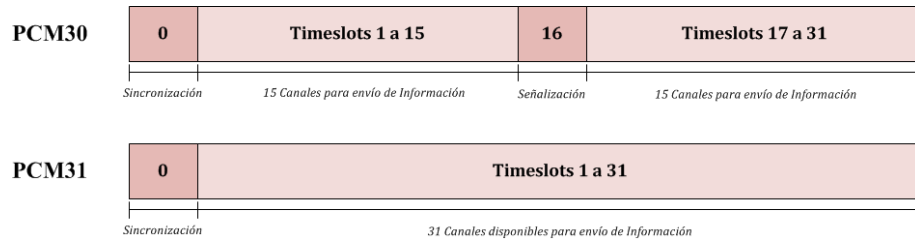


Figura 2.5. Tipos de encapsulamiento PCM30 y PCM31

En la siguiente imagen se muestra de forma gráfica, el proceso completo de conversión de una señal analógica (voz) desde su identificación como tal, hasta el encapsulamiento en una trama E1 (nivel PDH) para su transmisión por un medio.

De forma análoga se realiza el encapsulamiento para señales de datos, cuyo procedimiento se realiza desde el nivel de codificación digital, pues ya se dispone de la señal en formato binario.

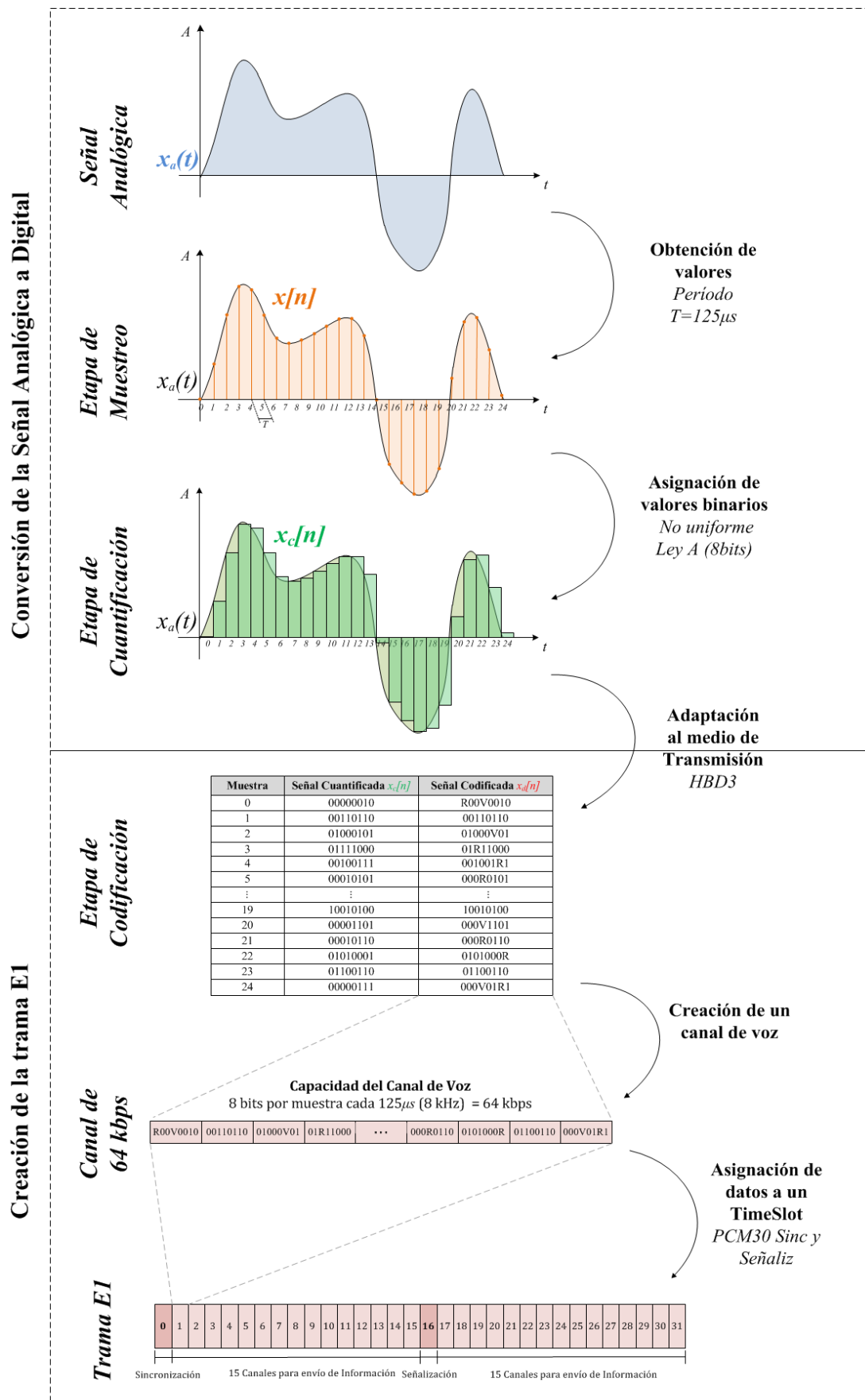


Figura 2.6. Proceso de creación de la trama E1 desde una señal analógica

### 2.1.2.2 SEÑALIZACIÓN AUXILIAR E&M

Por último, asociado a esta tecnología, existe una señalización alternativa que se conoce como *E&M*, comúnmente usada en redes telefónicas analógicas antiguas para comunicación entre centralitas telefónicas o bien en aeronáutica para señalización de diferentes operaciones de envío de información.

Cuando el equipo transmisor desea señalizar que se va a proceder a enviar una información (normalmente audio), habilita una señal “*M*” (*Mouth*) en su extremo que automáticamente se transmite por el medio de transmisión común hasta el otro extremo, generando una señal “*E*” (*Ear*) en el receptor. De esta forma el receptor entiende que debe de escuchar la información que se le envía por el canal de audio correspondiente. A continuación se muestra un ejemplo de señalización E&M:

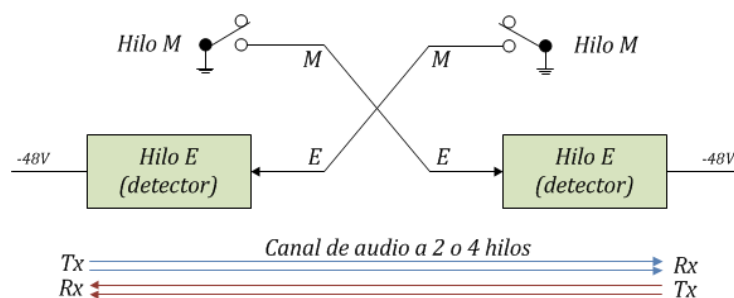


Figura 2.7. Ejemplo de Señalización E&M para un canal de audio a 4 hilos

### 2.1.2.3 JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH)

La Jerarquía Digital Síncrona [2] es una técnica de comunicaciones común en todo el mundo, utilizada para la transmisión de gran cantidad de información mediante el empleo de la fibra óptica, siendo la evolución de la tecnología PDH. La señal básica se denomina STM-1 con velocidad de 155,52 Mbps (para el sistema SDH en Europa) u OC-3 (para el sistema SONET en EEUU y Japón). Se basa en el transporte de contenedores virtuales (VC) según Norma G.803 (ITU-T 1989). Ver referencia [3] “*Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones*” de J.A. Marín Pereda, para mayor información.

Los contenedores virtuales se crean desde una capacidad mínima E1 (C-12), se añaden cabeceras para crear contenedores virtuales (VC-12) y punteros para crear Unidades Tributarias (TU-12). De esta forma, tres TU-12 crean un Grupo de Unidades Tributarias TUG-2. Si deseamos seguir aumentando niveles, siete TUG-2 crean un VC-3, que al añadir un puntero se convierte en una Unidad Administrativa de orden 3 (AU-3). Por último, tres tramas AU-3 con una cabecera, forman un Grupo de Unidades Administrativas y en consecuencia el Módulo de Transporte Síncrono principal (STM-1).

En la siguiente ilustración se puede observar la estructura de multiplexación de la tecnología SDH, partiendo desde diferentes niveles PDH (E1, T1) hasta llegar a formar la trama principal STM-1.

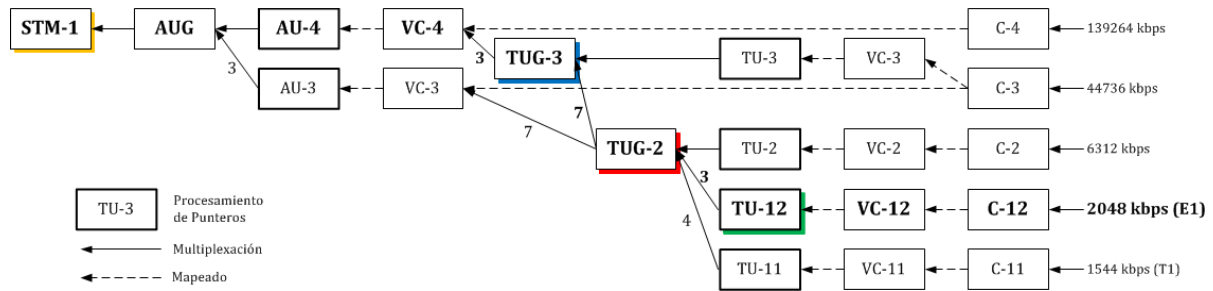


Figura 2.8. Estructura de Multiplexación SDH para formar una trama STM-1 [F3]

Esta estructura requiere de una carga importante de cabeceras por cada nivel de contenedores virtuales existente, con el fin de garantizar una calidad de transmisión ordenada, y asegurar una gran velocidad de la transmisión. A continuación se muestra una imagen orientativa de la trama STM-1 y sus cabeceras<sup>4</sup>.

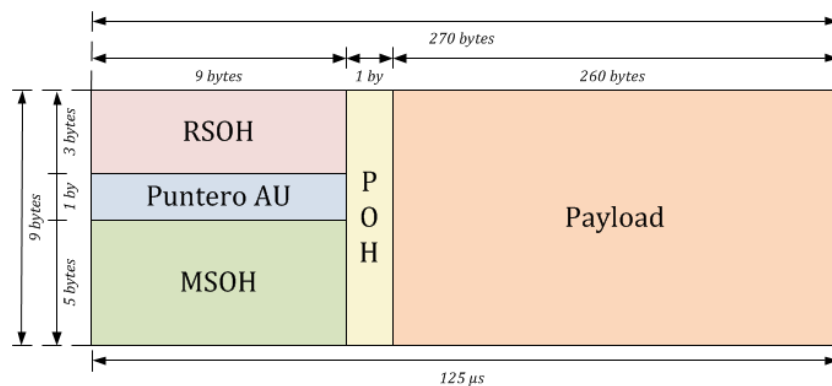


Figura 2.9. Estructura de cabeceras SDH de los Contenedores virtuales de la trama STM-1 [F4]

Una característica muy importante de la tecnología SDH es la sincronización de los datos entre los equipos transmisores y receptores. La sincronización marca un punto de referencia común generado por un equipo maestro y desde el cual todos los equipos que participan en la comunicación, comienzan a multiplexar y demultiplexar datos en la trama principal. Existen varias fuentes de sincronización disponibles:

- **Sincronización externa local:** generalmente suministrada desde una fuente externa como un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) o un reloj atómico (2 MHz) o desde una trama de 2 Mbps.
- **Sincronización de línea:** extraída de la propia trama SDH.
- **Holdover:** mientras no se disponga de una señal adecuada, el equipo puede utilizar su propia fuente de sincronización generándolo mediante un oscilador interno.

<sup>4</sup> La información de éstas cabeceras es muy extensa y excede el propósito de este proyecto, pudiéndose consultar en la siguiente referencia web (W2).

Existen varios tipos de reloj dependiendo de la calidad de la fuente de sincronización con los que se pueden establecer prioridades:

- **PRC:** Reloj de referencia primario. Calidad  $1 \times 10^{-11}$
- **SSU:** Reloj de la unidad de distribución de sincronismo. Calidad  $1.6 \times 10^{-8}$ .
- **SEC:** Reloj del Equipo de Red. Calidad  $4.6 \times 10^{-6}$ .

Una de las características de la tecnología SDH es la escalabilidad de la trama principal, pudiendo agruparse en múltiplos exponenciales de cuatro tramas. Esta característica permite una gran capacidad de transmisión de datos, siendo una de las tecnologías más aceptadas en la actualidad. En la siguiente tabla se muestra el crecimiento exponencial de la tecnología SDH:

| Jerarquía | Velocidad       | Tramas E1  |
|-----------|-----------------|------------|
| STM-1     | 155.520 Mb/s    | 61 x E1    |
| STM-4     | 622.080 Mb/s    | 244 x E1   |
| STM-16    | 2,488.320 Mb/s  | 976 x E1   |
| STM-64    | 9,953.280 Mb/s  | 3904 x E1  |
| STM-256   | 39,813.120 Mb/s | 15616 x E1 |

Tabla 2.1. Niveles de crecimiento de la estructura de la tecnología SDH

### 2.1.3 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA: WDM

La tercera tecnología de transmisión se basa en la multiplexación por división de la longitud de onda para transmitir señales de diferente naturaleza (TDM, ATM, IP), mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda sobre una sola fibra óptica. Los terminales transmisores inyectan sus señales a través de un multiplexor o acoplador WDM mediante generadores de pulsos de luz LED (Diodo Emisor de Luz) o LASER (Amplificación de la Luz por Emisión Estimulada de la Radiación), según [2].

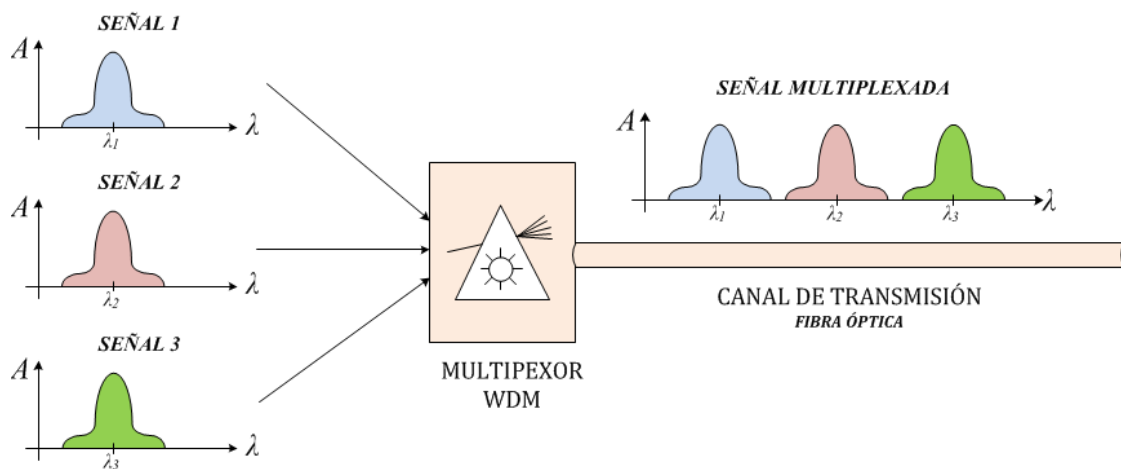


Figura 2.10. Ejemplo de Multiplexación por División de la Longitud de Onda

Los sistemas de comunicaciones que utilizan como medio de transmisión una fibra óptica se basan en la inyección de la señal óptica en el extremo emisor, y su recepción atenuada y distorsionada en el extremo receptor (debido a las características propias de la fibra óptica como la dispersión cromática y modal, las pérdidas de absorción o las pérdidas por acoplamiento y radiación, explicadas en el punto dedicado a la fibra óptica).

Dentro de la tecnología WDM se pueden diferenciar dos formas de transmisión dependiendo de las distancias que haya que comunicar, capacidad de la transmisión o coste de los equipos. A continuación se explican estas dos formas, CWDM y DWDM.

#### **2.1.3.1 MULTIPLEXACIÓN GRUESA (CWDM)**

La Multiplexación Gruesa por División de la Longitud de Onda es una técnica WDM que se basa en la transmisión de información sobre portadoras ópticas cuya separación en longitud de onda es de 20 nm (2.500 GHz) por fibras ópticas, normalmente monomodo en el rango de 1.270 a 1.610 nm, pudiendo transportar hasta 18 longitudes de onda.

Esta separación permite usar componentes ópticos con un mayor ancho de banda y permitir ciertas pérdidas o distorsiones debidas a procesos de fabricación, aumentos de temperatura o dispersiones del medio de transmisión y asegurar la correcta transmisión de la comunicación en distancias no superiores a 80-100 km.

#### **2.1.3.2 MULTIPLEXACIÓN Densa (DWDM)**

La otra técnica WDM es la llamada Multiplexación Densa por División de la Longitud de Onda, cuyo funcionamiento se basa de una forma similar a CWDM con la diferencia de que la separación entre portadoras ópticas es de 0.8nm y 1.6nm en la banda de trabajo desde 1530 a 1610 nm.

Esta separación entre longitudes de onda permite trabajar con hasta 160 señales ópticas con un ancho de banda actual de 10 Gbps, aunque ya se está trabajando en equipos y elementos ópticos que alcanzan los 40 Gbps. No obstante, queda mucho por hacer para que se pueda aprovechar la capacidad de 1.600 Gbps de una sola fibra.

Los equipos ópticos utilizados tanto en transmisión como en recepción (diodos láser, multiplexores, fotodetectores, demultiplexores y amplificadores ópticos) requieren mayor precisión y componentes de mayor calidad, lo que hace que el coste de esta tecnología sea mayor que CWDM.

En la imagen siguiente se muestra una relación entre las atenuaciones permitidas frente a la longitud de onda de las bandas de trabajo estandarizadas para las tecnologías CWDM y DWDM.



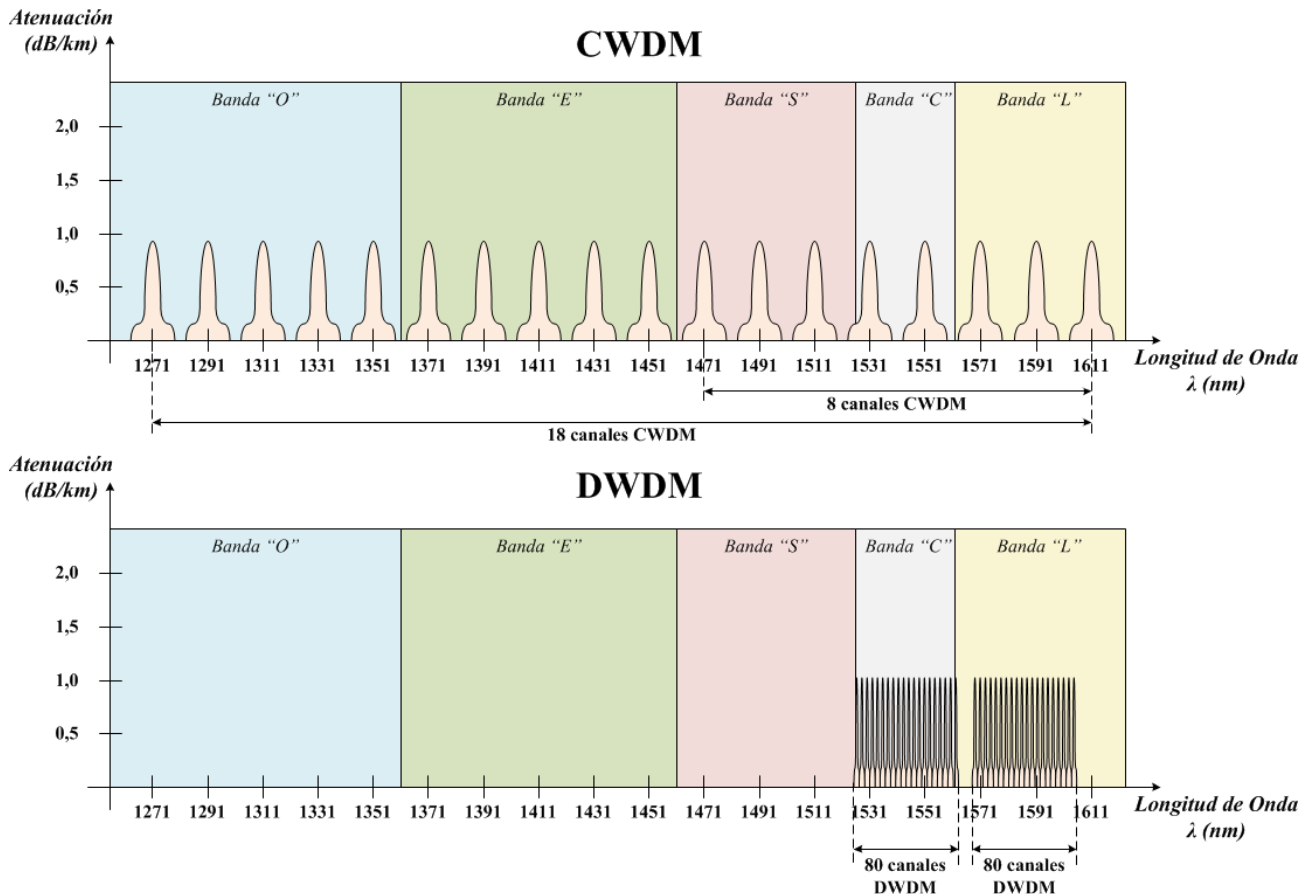


Figura 2.11. Longitudes de onda de trabajo para CWDM y DWDM [F5]

### 2.1.4 CONMUTACION DE PAQUETES

En toda comunicación entre dos equipos, sea cual sea su naturaleza o la distancia que exista entre ellos, es necesario asegurar por parte del emisor, un nivel de calidad para que la información llegue completa y sea entendida por el receptor de forma correcta.

Un método de envío de datos a través de redes de comunicaciones es la Conmutación de Paquetes. La información que se desea transmitir, se divide en pequeños paquetes a los que se le añaden cabeceras de control, que indican, entre otras cosas, la ruta a seguir por toda la red. Estos paquetes son enviados desde el equipo transmisor hasta el equipo receptor pasando por diferentes nodos de la red, que se encargan de analizar y tratar la información contenida en las cabeceras de control y reencaminar los paquetes hasta su destino.

Para ello se hace necesaria la utilización de unas normas universales, asegurando la estandarización de las comunicaciones y la compatibilidad entre equipos. Por ello, las comunicaciones que se basan en la conmutación de paquetes usan el Modelo de Referencia OSI como base para la correcta comunicación.

A continuación se hará referencia tan solo a las tecnologías que afectan directamente al presente proyecto, haciendo un pequeño repaso sobre el Modelo de Referencia OSI, así como la tecnología Ethernet (Capa de Enlace de Datos) combinada con el protocolo de red TCP/IP (Capa de Red) y el protocolo de gestión SNMP (Capa de Aplicación).

#### 2.1.4.1 MODELO DE REFERENCIA OSI

El Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), es un modelo de red en el que se describe la arquitectura general de una red de comunicaciones y los equipos que se conectan a ella, marcando las pautas a seguir en cada capa o nivel de la red según [4] *R. Jesús Millán Tejedor en su libro “Redes de Datos y Convergencia IP”*.

Está formado por siete capas cuya funcionalidad es la siguiente:

- **Capa de Aplicación:** se accede a los servicios de diferentes aplicaciones a través de un programa para interactuar con el usuario.
- **Capa de Presentación:** se trabaja con la sintaxis, la semántica, significado y cifrado de la información.
- **Capa de Sesión:** se mantiene el control del enlace de comunicaciones, asegurando que la comunicación se establece entre los dos equipos.
- **Capa de Transporte:** se transportan los datos mediante enlaces orientados o no a conexión (asegurar la comunicación completa o solo mediante generación de informes).
- **Capa de Red:** se usa para realizar el encaminamiento (enrutamiento) de los datos a través de la red. Los equipos encargados de esta tarea se denominan routers.
- **Capa de Enlace de Datos:** se realizan las labores de acceso al medio, distribución ordenada de la información y detección de errores.
- **Capa Física:** se definen las características físicas propias para adaptar la comunicación a cada medio de transmisión, ya sea mediante cable de pares, coaxial, fibra óptica, guía de onda o aire (inalámbrico).

La tecnología que se va a usar en el marco de este proyecto, se encuentra dentro de los estándares más usados en el mundo para redes de comunicaciones LAN y se basa en la combinación de los protocolos: SNMP (capa 7 de Aplicación), TCP (capa 4 de transporte), IP (capa 3 de red) y Ethernet (Capa 2 de enlace). A continuación se presentan las características de estos protocolos.

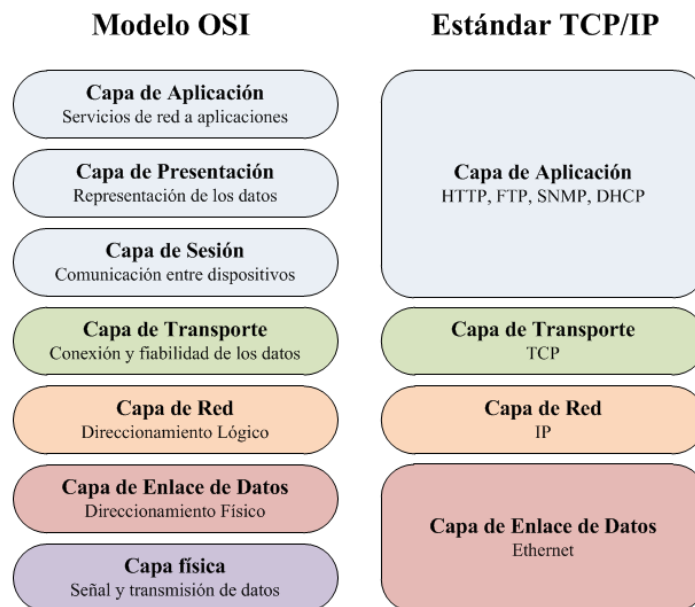


Figura 2.12. Modelo de Referencia OSI y los protocolos de Internet [F6]

#### 2.1.4.2 PROTOCOLO SIMPLE DE ADMINISTRACION DE RED (SNMP)

El Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP) es un protocolo de capa de aplicación que permite a los administradores de una red de comunicaciones, gestionar, supervisar el funcionamiento y resolver los problemas de la capa de aplicación, facilitando el intercambio de información de administración entre dispositivos de red y servidores centrales de una forma flexible y simple.

Las versiones de SNMP más utilizadas son SNMP versión 1 (SNMPv1) y SNMP versión 3 (SNMPv3) con cambios significativos en aspectos de seguridad.

Una red administrada a través de SNMP se compone por:

- **Dispositivo administrado:** elemento de red que contiene un agente SNMP y reside en una red administrada. Se encarga de la recogida, envío y almacenamiento de la información de administración y suelen ser equipos de comunicaciones tales como routers, switches, ordenadores o impresoras.
- **Agente:** es un módulo de software de administración de red que reside en un dispositivo administrado. Un agente posee un conocimiento local de información de administración (memoria libre, número de paquetes IP recibidos, rutas, etcétera), la cual es traducida a un formato compatible con SNMP y organizada en jerarquías.
- **Sistema Administrador de Red (NMS):** servidor que se encarga de la ejecución de aplicaciones que supervisan y controlan a los dispositivos administrados.

Las funciones principales que se pueden realizar a través del intercambio de mensajes son:

- **Alarmas:** se informa de cambios de las características de la red, fallos de comunicaciones, errores de funcionamiento de equipos.
- **Estadísticas:** se mantienen los datos para analizar la utilización del sistema y observar los errores ocurridos.
- **Históricos:** se realizan análisis de tendencias basándose en las estadísticas almacenadas.
- **Filtros:** se permite la selección activa de información conforme a unos parámetros definidos por el usuario.
- **Eventos:** se registran los diferentes tipos de eventos, ascendentes, descendentes y paquetes acoplados.

La comunicación entre Dispositivos Administrados y el Sistema Administrador de Red se realiza mediante paquetes UDP (Protocolo de Datagramas de Usuario) que contienen colecciones de información MIB (Unidad de Información de Administración).

Un objeto administrado (objeto MIB) es una característica del conjunto existente de un dispositivo administrado. Dichos objetos se encuentran organizados por identificadores de objeto (*object ID*), que identifican únicamente a un objeto en la jerarquía MIB y que se suele representar en forma de árbol.

La nomenclatura de dichos objetos es sencilla y se usa el estándar ASN.1. (Sintaxis de Notación Abstracta Número Uno). Por ejemplo, si se desea obtener la identificación del objeto '*sysDescr*', dentro del árbol mostrado en la siguiente ilustración, se podría identificar con dos cadenas diferentes pero equivalentes:

- Mediante Identificadores: iso.org.dod.internet.mgmt.mib-2.system.sysDescr
- Mediante Descriptores asociado a cada identificador: 1.3.6.1.2.1.1

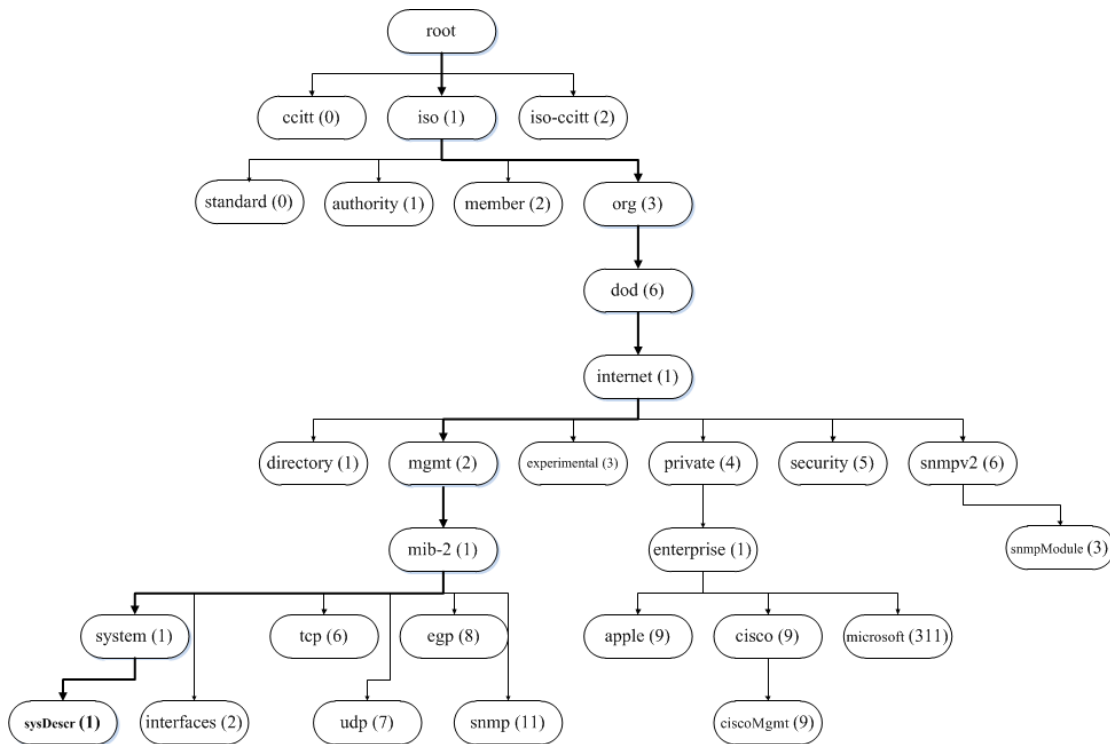


Figura 2.13. Ejemplo de distribución del árbol SNMP

### 2.1.4.3 PROTOCOLO DE CAPA DE TRANSPORTE: TCP

El Protocolo de Control de la Transmisión, TCP, permite la creación de conexiones virtuales entre los equipos terminales de una comunicación. Con ello se garantiza que el envío de información se realiza de forma confiable y ordenada, obteniendo una comunicación de calidad.

Para ello se realiza un procedimiento de conexión en tres pasos, en los que existe una negociación dependiendo de la etapa en la que se encuentre la comunicación. Existe una negociación de la conexión, para la que el equipo transmisor use unos datos SYN (de secuencia y sincronización) de inicio la comunicación, y a los que el receptor responde con SYN/ACK (acuse de recibo) para la confirmación de la petición. Por último, el equipo transmisor responde con un ACK dando por válida la conexión. Toda esta negociación va acompañada de un número de secuencia que se incrementa con cada envío correcto entre equipos. Esta conexión se realiza a nivel de los puertos de interfaz existentes en cada equipo.

Tras esta negociación inicial, comienza la transferencia ordenada de los datos, adaptando la velocidad y carga a la capacidad del sistema y dependiendo del medio de transmisión que se utilice. Para ello se usan técnicas de análisis de tiempos de envío y de espera, o temporizadores disponibles en esta tecnología y en caso de ser necesario, técnicas de reenvío o corrección de errores. Los datos se dividen en segmentos TCP, llamando “ventana de transmisión” a la cantidad de segmentos de una transmisión que puede ser almacenada en el receptor. El tamaño

de la ventana es variable y se negocia entre emisor y receptor, pues también depende del medio de transmisión o de la capacidad de almacenamiento del receptor.

A continuación se muestra el formato de un segmento TCP, según [4], así como el significado de los campos que lo componen:

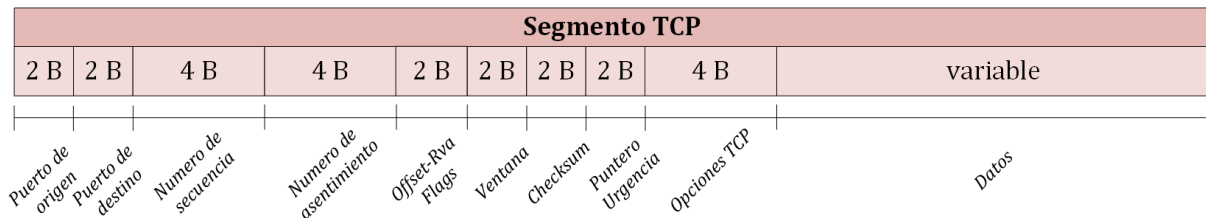


Figura 2.14. Formato de un Segmento TCP

- **Puerto origen y puerto destino:** se identifica el puerto del emisor y receptor, que junto con la IP (capa de Red) forman un ‘socket’ para formar una conexión de forma unívoca.
- **Número de secuencia:** se identifica el flujo de datos enviado por el emisor TCP al receptor TCP que representa el primer byte de datos del segmento, incrementándose cada nuevo segmento correctamente recibido.
- **Número de asentimiento:** contiene el valor del siguiente número de secuencia que el emisor del segmento espera recibir.
- **Longitud de cabecera:** indica el tamaño de la cabecera.
- **Reservado:** bits reservados para uso futuro.
- **Flags de control:** NS (Protección frente a paquetes), CWR (congestión activada/desactivada), ECE (congestión), URG (urgencia), ACK (asentimiento válido), PSH (comenzar), RST (reset), SYN (sincronización), FIN (finalizar).
- **Tamaño de ventana:** el número máximo de datos que pueden ser almacenados en el receptor.
- **Checksum:** comprobación de errores.
- **Puntero urgencia:** indica el lugar donde acaban los datos urgentes.
- **Opciones:** Para poder añadir características nuevas.
- **Datos:** procedentes del nivel anterior (capa 5 de Sesión).

Por último, tras el envío de toda la información, se procede a la negociación del cierre de la conexión con paquetes FIN y ACK entre transmisor y receptor. En la ilustración siguiente se puede observar un ejemplo del funcionamiento de TCP para el envío de datos:

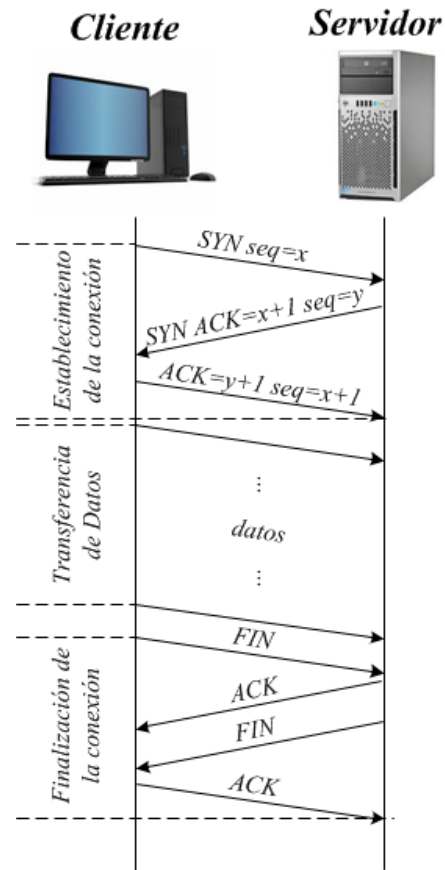


Figura 2.15. Ejemplo de establecimiento y cierre de la comunicación TCP

La combinación del protocolo TCP de capa transporte, con el protocolo IP de capa de red, son de los estándares más usados en el mundo, pues permiten obtener una comunicación orientada a conexión, segura, confiable, ordenada. A continuación se explican las características del protocolo usado para la capa de Red: IP.

#### 2.1.4.4 PROTOCOLO DE CAPA DE RED: IP

El protocolo IP es un protocolo usado para definir cómo se encapsulan los datos a su paso por los equipos de capa de Red (nivel 3 en el modelo de referencia OSI). La función principal es la de dirigir una comunicación bidireccional a través equipos que permiten el enrutamiento de datagramas o paquetes IP.

El enrutamiento de éstos paquetes consiste en el encaminamiento entre equipos de capa de Red (comúnmente llamados '*routers*') basándose en diferentes parámetros característicos de la red de comunicaciones, como pueden ser: la velocidad, el protocolo de conexión de capa 2 o la congestión de los enlaces conectados entre los equipos.

El protocolo IP provee un servicio de entrega óptima no fiable. Esto significa que no existe ninguna garantía de entrega en el destino, pero cuando se realiza, se asegura que es por el mejor de los caminos disponibles mediante el análisis de la métrica asociada a varias magnitudes

como pueden ser la distancia, el retardo de transmisión, el número de saltos, el coste. La confiabilidad, en caso de ser requerida para la comunicación, se concede en la Capa de Transporte mediante el uso del protocolo TCP anteriormente explicado.

Para ello los equipos de transporte se encargan de analizar las cabeceras de los paquetes IP donde se encuentran las diferentes características. En la siguiente ilustración se puede observar el formato estándar de un paquete IP y los significados de los campos que lo componen:

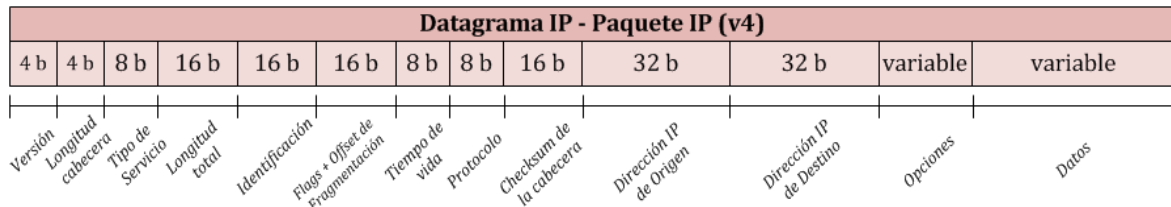


Figura 2.16. Formato de un Datagrama IP o Paquete IP

- **Versión:** determina versión de IP (v4 o v6).
- **Longitud de la cabecera:** tamaño entre 20 y 60 bytes (dependiendo de las opciones).
- **Tipo de Servicio:** indica si el paquete es prioritario, inmediato, de emergencia, de control de red, de control de trabajo.
- **Longitud Total:** tamaño del datagrama completo (mínimo de 576 octetos).
- **Identificador:** número para distinguir los paquetes en caso de ser fragmentados.
- **Flags:** especifica los valores de fragmentación: divisible, no divisible, último fragmento, fragmento intermedio.
- **Offset de fragmentación:** posición del paquete fragmentado.
- **Tiempo de vida:** número de máximo de equipos que puede atravesar un paquete.
- **Protocolo:** especifica el protocolo de capa superior (TCP, UDP).
- **Checksum de la cabecera:** suma de control de datos erróneos, para verificar el envío correcto.
- **Dirección IP de Origen y Destino:** dirección de los equipos terminales o intermedios origen y destino por donde transcurre el paquete.
- **Opciones:** especifica diferentes mecanismos opcionales, de seguridad, de enrutado desde el origen, de registros de la ruta.
- **Datos:** procedentes de la trama de nivel superior (segmento de transporte completo).

Cada equipo está identificado con una dirección IP dentro de una red, cuyo tamaño varía dependiendo de la versión usada. Actualmente las dos versiones del protocolo IP que más se usan a nivel internacional son:

- **IPv4:** se usan 32 bits para las direcciones origen y destino, pudiéndose representar en formato binario o decimal.
- **IPv6:** se usan 128 bits para las direcciones, de forma análoga a IPv4, salvo que su representación es mucho más compleja.

|                                    | Dirección IPv4<br>(32 bits)       | Dirección IPv6<br>(128 bits)  |
|------------------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>Binario</b>                     | 11000000.10101000.0000001.0000001 | 0000000000000000.0000000000000000.0000000000000000.<br>0000000000000000.0000000000000000.1111111111111111.<br>1100000010101000.0000000100000001 |
| <b>Decimal</b>                     | 192.168.1.1                       | ::FFFF:192.168.1.1  |
| <b>Hexadecimal</b>                 | C0:A8:01:01                       | 0:0:0:0:FFFF:C0A8:101   |
| <b>Hexadecimal<br/>(abreviada)</b> | C0:A8:01:01                       | ::FFFF:C0A8:101   |

Figura 2.17. Ejemplo de representación de IPv4 e IPv6

#### 2.1.4.5 PROTOCOLO DE CAPA DE ENLACE: ETHERNET

La tecnología Ethernet es un protocolo estándar de Capa de Enlace de Datos para redes de comunicaciones LAN, que provee las características de acceso al medio de transmisión mediante una técnica llamada CSMA/CD (Detección de Colisiones en Acceso Múltiple al Medio Basado en Detección de Portadora). Se usa para el acceso a redes cuyo medio de transmisión es compartido por varios usuarios mediante una escucha activa del medio antes de transmitir y la detección de colisiones, en el caso de existir, para su posterior retransmisión.

La organización IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) [W18] define los grupos de protocolos de comunicaciones entre diferentes equipos de la red, pudiéndose identificar entre los más conocidos:

- **802.1:** Grupo de Protocolos Generales para redes LAN
- **802.3:** Grupo de Protocolos para Ethernet
- **802.11:** Grupo de Protocolos para redes WLAN (Red de Área Local Inalámbrica)

En este caso, las comunicaciones se basarán en el grupo de protocolos 802.3 (Ethernet), siendo las versiones más usadas las que se muestran a continuación con sus respectivas características:

| Estándar | Versión    | Velocidad de Transmisión | Medio de Transmisión         | Distancia | Topología              |
|----------|------------|--------------------------|------------------------------|-----------|------------------------|
| 802.3a   | 10Base2    | 10 Mbps                  | Coaxial                      | 180 m     | Bus                    |
| 802.3i   | 10BaseT    | 10 Mbps                  | Par Trenzado                 | 100 m     | Estrella (Full-Dúplex) |
| 802.3j   | 10BaseF    | 10 Mbps                  | Fibra óptica                 | 2000 m    | Estrella (Full-Dúplex) |
| 802.3u   | 100BaseTX  | 100 Mbps                 | Par Trenzado (cat 5)         | 100 m     | Estrella (Full-Dúplex) |
| 802.3u   | 100BaseFX  | 100 Mbps                 | Fibra óptica                 | 2000 m    | Estrella (Full-Dúplex) |
| 802.3ab  | 1000BaseT  | 1000 Mbps                | 4 pares trenzados (cat 5e/6) | 100 m     | Estrella (Full-Dúplex) |
| 802.3z   | 1000BaseSX | 1000 Mbps                | Fibra óptica (MM)            | 500 m     | Estrella (Full-Dúplex) |
| 802.3z   | 1000BaseLX | 1000 Mbps                | Fibra óptica (SM)            | 5000 m    | Estrella (Full-Dúplex) |

Tabla 2.2. Versiones de los diferentes protocolos Ethernet



El conjunto de datos que se envía a través de la red se denomina trama (*frame*) y está formado por diferentes campos como se puede observar en la siguiente ilustración:

- **Preámbulo:** sirve para la identificación y sincronización de una nueva trama.
- **Dirección de destino y de origen:** identifican las direcciones MAC (Capa de Acceso al Medio) de los equipos terminales involucrados en la comunicación. Una dirección MAC se representa de la siguiente forma 00:0F:3C:76:A2:01.
- **Tipo:** indica el protocolo con de capa superior con el que están encapsulados los datos.
- **Datos:** también llamado Payload, es donde se colocan los datos a transmitir, acompañados de cabeceras de otras capas superiores.
- **Secuencia de Verificación de Trama:** código CRC (Código de Redundancia Cíclica) para comprobar si la trama se ha transmitido correctamente.

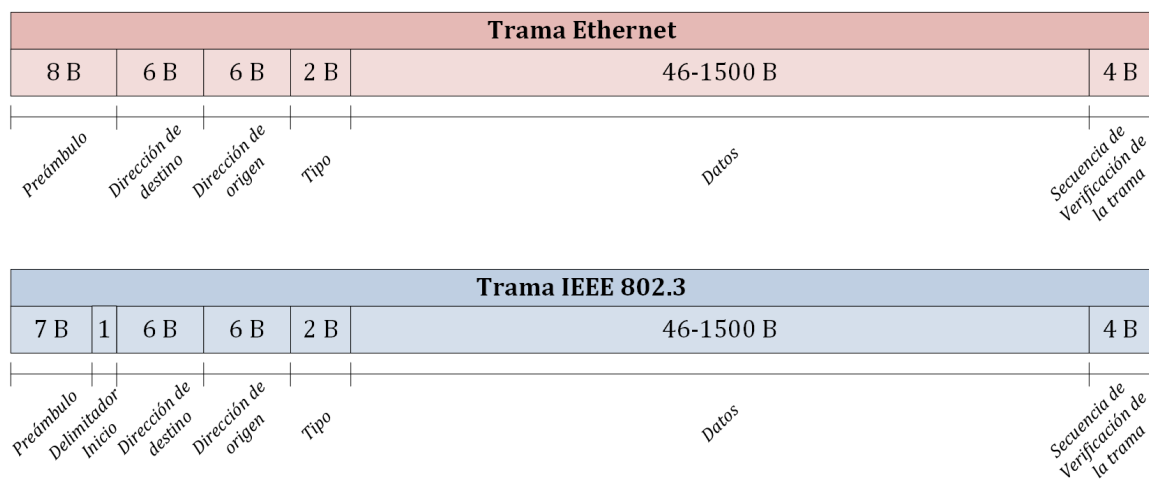


Figura 2.18. Formato de la Trama estándar Ethernet e IEEE 802.3

En toda red de comunicaciones existen diferentes equipos, cuya categorización se puede realizar en dos grupos DTE (Equipo de Datos Terminal) y DCE (Equipo de Datos de Comunicaciones). Los DTE se corresponden con equipos de comunicaciones terminales, donde se genera o recibe la información por parte del usuario. Los DCE son equipos de comunicaciones intermedios, donde tan sólo se procesan los paquetes para hacerlos transcurrir por la red.

El hardware base para esta tecnología se considera DCE, entre los que se pueden identificar:

- **Concentradores (*hubs*):** cuyo uso se limita a la retransmisión de las tramas por todos los puertos, con lo cual se pueden ocasionar colisiones.
- **Puente (*bridge*):** sirven para interconectar segmentos de red e intercambiar tramas.
- **Conmutadores (*switches*):** similares a los *hubs*, pero evitando colisiones al manejar tablas de direccionamiento que permiten enviar la trama por cada interfaz conectada.
- **Repetidores:** para retransmitir la señal y lograr un alcance mayor.

## 2.1.5 MEDIO DE TRANSMISIÓN

El medio de transmisión que se utilizará para el envío de las comunicaciones será la fibra óptica, cuyas características se encuentran detalladas a continuación. Para el cableado interno se utiliza el cableado tradicional de cobre. A continuación se explican las características de estos dos medios de transmisión.

### 2.1.5.1 CABLE DE COBRE

El cable de cobre consiste en un alambre de cobre aislado por el que se transmite una señal de comunicaciones, consistente en la variación de diferentes niveles de tensión. El uso más común en la actualidad es para la transmisión de señales analógicas y digitales para distancias no superiores a 100 o 200 metros en cableado estructurado, aunque su capacidad puede alcanzar los 2 o 3 km sin necesidad de regeneración, según [5] Antonio Rodríguez Suarez en su libro *“Comunicaciones Ópticas”*.

La combinación de diferentes parejas de pares trenzados (dos hilos de cobre unidos en forma helicoidal), con el fin de minimizar o incluso anular las interferencias y diafonía entre cables próximos nos proporcionan diferentes estándares de comunicaciones, que se denominan según su categoría.

Por ejemplo, un cable de categoría 1 hace referencia a un par trenzado que se usa normalmente transmisión de telefonía analógica hasta 50 MHz, o un cable de Categoría 5 se compone de cuatro pares trenzados y su uso está dedicado a redes IP de área local con anchos de banda full-dúplex de 10/100 Mbps. Dependiendo de las características de la fabricación del cable, se pueden obtener cables:

- **UTP**: trenzado no apantallado, de impedancia  $100\Omega$ , con cubierta de PVC (Policloruro de Vinilo) o de plástico libre de halógenos y vulnerable a interferencias electromagnéticas.
- **FTP**: trenzado, no apantallado con blindaje, con impedancia característica de  $120\Omega$ , los pares trenzados no se encuentran apantallados pero si se dispone de una pantalla global de aluminio.
- **STP** trenzado, apantallado o no, con o sin blindaje, con impedancia de  $150\Omega$ , con una malla global conductora que actúa de pantalla frente a interferencias y ruido eléctrico, además de una pantalla global.

Las categorías más comúnmente utilizadas son las siguientes:

| Categoría | Ancho de Banda (MHz) | Velocidad (Mbps) | Aplicación                 | Observaciones |
|-----------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------|
| Cat 1     | 50                   | -                | Líneas Telefónicas y Modem | -             |
| Cat 5     | 150                  | 10/100/1000      | Redes LAN                  | UTP           |
| Cat 5e    | 175                  | 10/100/1000      | Redes LAN                  | UTP/FTP       |
| Cat 6     | 300                  | 10/100/1000      | Redes LAN                  | UTP/FTP       |
| Cat 6a    | 600                  | 10/100/1000      | Redes LAN                  | UTP/FTP       |
| Cat 7     | 800                  | 10/100/1000      | Redes LAN y TV por cable   | FTP/STP       |
| Cat 7a    | 1200                 | 10/100/1000      | Redes LAN y TV por cable   | FTP/STP       |

Tabla 2.3. Categorías del cableado estructurado

A continuación se muestra una imagen de los diferentes tipos de cables, dependiendo de las cubiertas interiores y pantallas de aluminio o cobre de las que disponga:

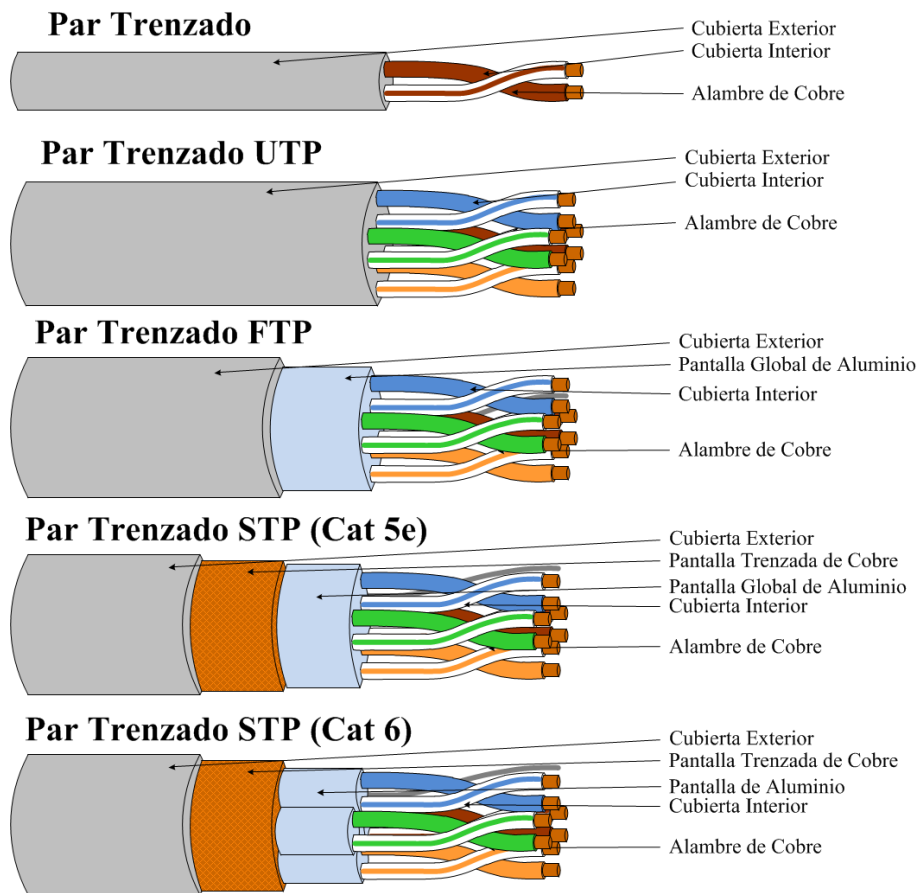


Figura 2.19. Tipos de cable de cobre trenzado

En los extremos de los cables se usa un tipo de interfaz o conector llamado RJ11 (Conector Tipo 11), si se trata de par trenzado para uso en telefonía analógica tradicional, o conectores RJ45 (Conector Tipo 45) en el resto de aplicaciones (redes LAN, switches, routers, servidores).

Para el caso particular de aplicaciones en redes LAN existen dos códigos de colores para identificar equipos de transmisión o recepción frente a equipos de sólo transporte según se puede consultar en [6] *Diseño y mantenimiento de Redes de Computadores* de Cisco. A continuación se muestra un esquema de estos tres estándares a modo de ejemplo.

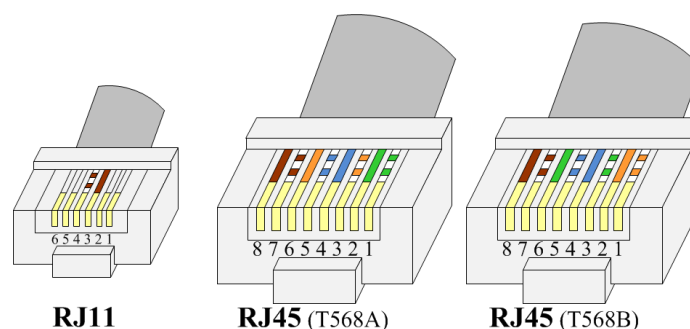


Figura 2.20. Tipos de estándares en los conectores RJ11 y RJ45

### 2.1.5.2 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un guía de ondas dieléctrico, utilizado como medio de transmisión que está formado por uno o varios filamentos de vidrio ( $\text{SiO}_2$  o Dióxido de Silicio) de elevada pureza por el cual se transportan haces de luz a diferentes longitudes de onda [5].

La transmisión se realiza por el núcleo del cable mediante refracciones y reflexiones interiores. Existen principalmente tres ventanas de propagación (850 nm, 1310 nm, 1550 nm) en donde la atenuación es menor.

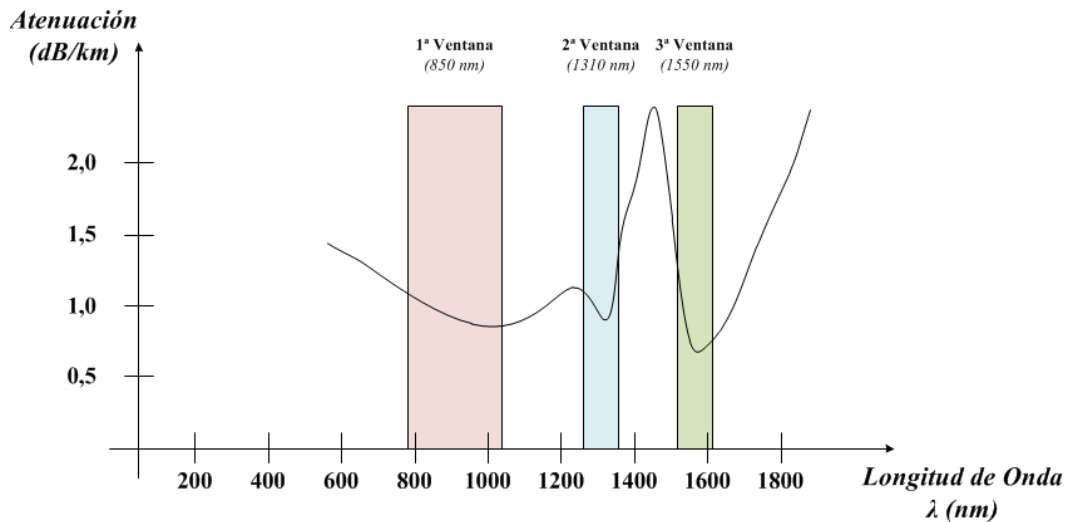


Figura 2.21. Ventanas de Propagación de la Fibra Óptica

Algunas de las características de la fibra óptica son:

- **Ley de Reflexión:** El haz de luz se introduce confinado en el núcleo de la fibra y se propaga en línea recta con una velocidad de 300.000 Km/s. El haz de luz incidente atraviesa un medio con índice de refracción  $n_1$ . Al llegar a la frontera con el medio de índice de refracción  $n_2$ , esta onda de luz se descompone en dos, una onda reflejada y una onda refractada, siendo iguales los ángulos que forman dichas ondas con el eje vertical.

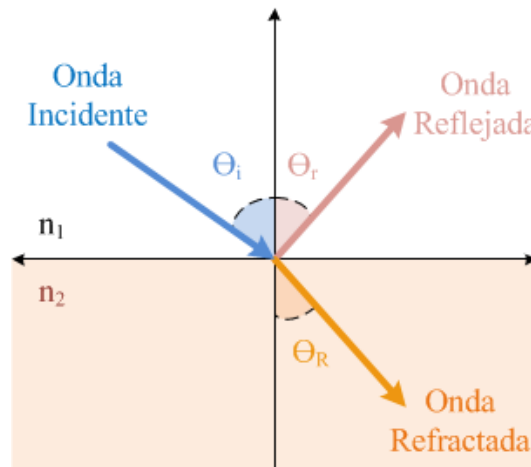


Figura 2.22. Índice de Refracción y Ley de Snell [F7]

- **Índice de refracción y Ley de Snell:** El haz de luz durante su transmisión se propaga formando un ángulo de refracción que se corresponde con la Ley de Snell. Dicho índice es un valor propio del material de fabricación, no tiene dimensiones físicas y se expresa con las fórmulas:

|  |  |
|--|--|
| <b>Ley de Reflexión</b>                    | $\theta_i = \theta_r$ <p> <math>\theta_i</math>: ángulo incidente del medio 1<br/> <math>\theta_r</math>: ángulo reflejado del medio 1         </p>  |
| <b>Ley de Refracción</b><br>(Ley de Snell) | $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_R$ <p> <math>n_1</math>: índice de refracción del medio 1<br/> <math>n_2</math>: índice de refracción del medio 2<br/> <math>\theta_i</math>: ángulo incidente del medio 1<br/> <math>\theta_R</math>: ángulo refractado del medio 2         </p> |
| <b>Índice de Refracción</b>                | $n = \frac{c}{v}$ <p> <math>c</math>: la velocidad de la luz en el espacio libre (<math>3 \times 10^8</math> m/s)<br/> <math>v</math>: la velocidad de la luz en el medio material específico         </p>   |

Tabla 2.4. Tabla de Ley de Reflexión, Ley de Snell e Índice de Refracción

Existen dos modos de propagación, dependiendo del número de longitudes de onda que se transmitan:

- Multimodo (MM, tamaño del diámetro del núcleo de 8-10  $\mu\text{m}$ ).
  - *FDDI (Interface de Fibra para la Distribución de Datos) Standard* 62.5/125  $\mu\text{m}$ , usada en redes de área local para distancias entre 1 y 4 km, con una cubierta acrílica protectora de 250  $\mu\text{m}$ .
  - 50/125  $\mu\text{m}$ . De alto rendimiento, con menor atenuación y mayor ancho de banda y coste menor que la anterior, se suele utilizar para distribución de video en distancias cortas entre 5 y 10 km.
  - 100/140  $\mu\text{m}$ . De bajo rendimiento, con mayor atenuación, menor ancho de banda y doble coste que las anteriores. Se suele utilizar para capturar más luz de fuentes lumínicas de bajo costo (diodos). Bastante usada en dispositivos de automatización industrial.
- Monomodo (SM, tamaño del diámetro del núcleo de 50-100  $\mu\text{m}$ ). Es la fibra de mejor rendimiento, grandes distancias (400 km) sin repetidores intermedios para redes de área local, telefonía y televisión por cable. Requiere el uso de fuentes de luz láser que sean capaces de alinear el haz de luz con el eje del núcleo (mucho precisión).

- **Atenuación:** Es la pérdida de potencia del haz de luz a medida de se transmite por la fibra óptica. Se expresa en dB o dB/km y es causada por diversos motivos:
- **Pérdidas por absorción:** Las impurezas en la fibra absorben la luz y se convierte en energía calorífica; las pérdidas normales van de 1 a 1000 dB/km.
- **Pérdidas de Rayleigh:** En el momento de la fabricación de la fibra óptica, existe un punto donde no es líquida ni sólida y la tensión aplicada durante el enfriamiento puede provocar microscópicas irregularidades que se quedan permanentemente; cuando los rayos de luz pasan por la fibra se difractan haciendo que la luz vaya en diferentes direcciones.
- **Dispersión cromática:** Esta dispersión es causada por dos dispersiones diferentes, la dispersión material (el índice de refracción varía en función de la frecuencia, y por tanto la velocidad de llegada de la luz varía), y la dispersión por guía de onda (el índice de refracción efectivo dependerá de la cantidad de potencia transmitida por el núcleo o por el revestimiento).
- **Pérdidas por radiación:** Estas pérdidas se presentan cuando la fibra sufre dobleces, puede ocurrir en la instalación y variación en la trayectoria, cuando se presenta discontinuidad en el medio.
- **Dispersión modal:** Es la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz.
- **Pérdidas por acoplamiento:** Las pérdidas por acoplamiento se dan cuando existen uniones de fibra, se deben a problemas de alineamiento en las zonas de conectorización.

Existen muchos tipos de cables de fibra óptica, dependiendo de las funcionalidades para las que se vaya a aplicar. Los cables para uso en exterior requieren un recubrimiento exterior metálico, normalmente corrugado y cubierto por un plástico rígido de PVC, con propiedades antirroedores, retardantes de la llama y protección ante condiciones climáticas adversas. Por otro lado, los cables interiores son más sencillos y en la parte interior se insertan fibras de Kevlar paralelamente a las fibras de vidrio, para dotar al cable de rigidez anti-elongaciones, evitando así que se parta la fibra. A continuación se muestran dos secciones típicas para cables de fibra óptica en aplicaciones de interior y exterior.

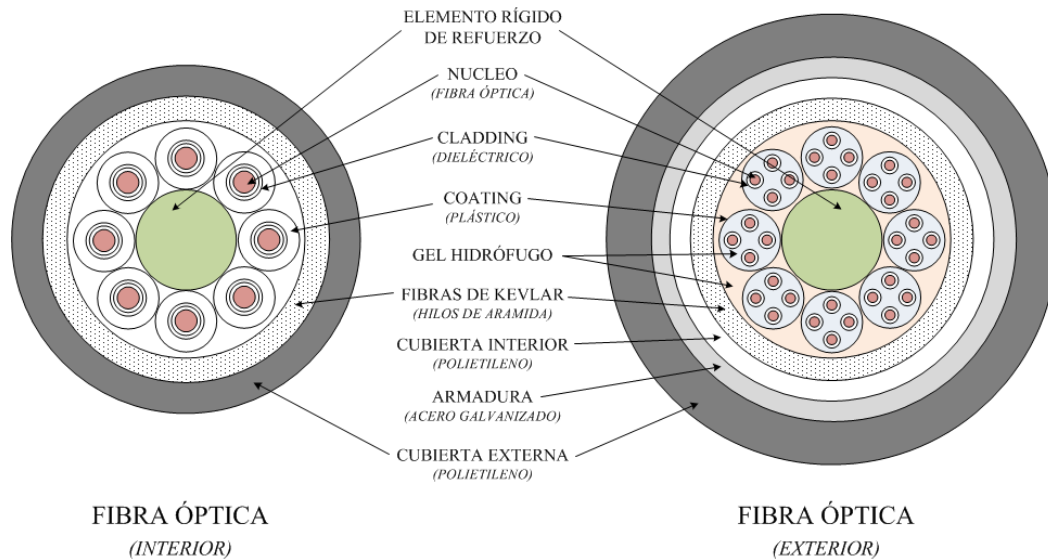


Figura 2.23. Cables de Fibra Óptica en aplicaciones de interior y exterior

## 2.2 EXPLICACIÓN DE LAS VENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

En este apartado se pretende presentar las ventajas y desventajas de las tecnologías de transporte (como son SDH basada en TDM y TCP/IP basada en conmutación de paquetes) y medios de transmisión (cables de cobre y fibra óptica) que se van a desplegar en el nuevo sistema de comunicaciones.

### 2.2.1 TECNOLOGÍA DE TRANSPORTE

Las tecnologías de transporte que se utilizan en este proyecto son SDH para los servicios críticos del aeropuerto y TCP/IP para la supervisión, gestión y control de los equipos. A continuación se analizan algunas de las ventajas y desventajas de estas tecnologías.

#### 2.2.1.1 SDH/SONET

La tecnología SDH presenta las siguientes ventajas:

- Se dispone de altas velocidades de transmisión cercanas a los 10 Gbps. Se considera como la tecnología más adecuada para los enlaces troncales que sirven de canal principal de las redes de telecomunicaciones actuales.
- Se obtiene una gran fiabilidad ya que se dispone de varios mecanismos automáticos de protección y recuperación ante posibles fallos y por lo tanto un problema en un enlace no provoca el colapso de toda la red.
- Es más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad, pues no hace falta demultiplexar y volver a multiplexar la estructura plesiócrona, sino que todos los canales están localizados e identificados por etiquetas.
- Es mucho fácil crear pasarelas entre las distintas redes SDH y hacia los sistemas SONET (Red Óptica Síncrona) pues las interfaces se encuentran normalizadas. Esto hace que los gastos en equipamiento sean menores.

- Permite reaccionar de forma rápida y fácil frente a las demandas de mayor capacidad, dotando al sistema de una alta disponibilidad y grandes posibilidades de ampliación.
- Es la plataforma ideal para servicios de todo tipo, desde la telefonía analógica tradicional, las redes RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), la telefonía móvil hasta las comunicaciones de datos LAN, WAN (Red de Área Amplia). También es adecuada para los servicios más exigentes como el video bajo demanda (VOD).

Por otro lado, si analizamos las desventajas de la tecnología se puede observar que:

- La estructura de la trama es síncrona, por lo que se requiere el empleo de un nodo patrón de sincronización para trabajar a una misma referencia de temporización.
- Los canales de 64 kbps no se pueden multiplexar o demultiplexar directamente desde la trama principal, requiriéndose un equipo adicional que trabaje con la tecnología PDH o bien un equipo más complejo que realice la conversión PDH-SDH.
- El número de bytes destinados a la cabecera de sección es demasiado grande, por lo que se pierde eficiencia en la transmisión de los datos.

#### **2.2.1.2 TCP/IP**

La tecnología TCP/IP basada en la conmutación de paquetes a través de redes LAN presenta las siguientes ventajas:

- Es adecuada para redes pequeñas, medianas y grandes pues su alto nivel de jerarquización le hace que se pueda disponer de una gran escalabilidad y grandes niveles de ampliación.
- Se obtiene un alto grado de fiabilidad al disponer de mecanismos orientados a conexión existentes en el protocolo TCP, asegurando la llegada de los datos a su destino.
- Es una tecnología ampliamente introducida en el mercado ya que servicios como Internet, telefonía IP o música y vídeo bajo demanda han permitido que su demanda haya bajado los costes de desarrollo e implantación en todo tipo de plataformas fijas y móviles.

Si se analizan las desventajas de la tecnología TCP/IP se puede comprobar que:

- A medida que el número de equipos aumenta, se hace más difícil la configuración y el mantenimiento de la red, así como el análisis de posibles puntos de fallos.
- Se puede convertir en una tecnología lenta en redes con un volumen de tráfico grande, donde la cantidad de tramas a enrutar pueda crecer considerablemente, a la vez que lo haga el número de equipos terminales.

#### **2.2.2 MEDIO DE TRANSMISIÓN**

Los medios de transmisión que se utilizan en este proyecto son el cable de cobre y la fibra óptica, compuesto por material de óxido de silicio. A continuación se presenta las ventajas y desventajas de estos dos materiales en su uso como medio de transmisión.



### 2.2.2.1 CABLE DE COBRE

En este proyecto se utilizará el cableado de cobre como medio de transmisión, para dar acceso a los servicios y para el cableado estructurado en los emplazamientos. Este material tiene como ventajas:

- El bajo coste en su fabricación, ya que es un material muy utilizado y cuya tecnología se encuentra ampliamente distribuida e introducida en el mercado.
- Se dispone de una gran facilidad para el rendimiento y la solución de problemas. El cable de cobre es fácil de reparar mediante simples fusiones.

Como desventajas podemos encontrar:

- Altas tasas de error a altas velocidades, pues pueden aparecer problemas de atenuaciones debido a la distancia y a las limitaciones propias del material.
- Se dispone de unas distancias limitadas (en torno a los 100 metros) para asegurar unos niveles aceptables de señal. Ello conlleva un ancho de banda limitado.
- Baja inmunidad al ruido y al efecto *crosstalk* (diafonía).
- Peso elevado debido a la alta densidad del cobre
- Alta posibilidad de robo debido a la demanda, al elevado precio de este tipo de cable y a la gran facilidad de sustracción.

### 2.2.2.2 FIBRA ÓPTICA

En este proyecto se utilizará la fibra óptica como medio de transmisión. Este material tiene como ventajas:

- La inmunidad ante interferencias electromagnéticas, ya que no se ve afectada por las radiaciones o por los impulsos electromagnéticos.
- No existen problemas de interferencias cruzadas, reflexiones y retorno a tierra como ocurre en las líneas eléctricas, por lo tanto no existe el riesgo de cortocircuito o daños de origen eléctrico.
- La atenuación aumenta con la distancia más lentamente que en el caso de los cables eléctricos, lo que permite mayores distancias entre repetidores.
- El peso de los cables es la décima parte que los cables de cobre apantallados. Son generalmente de menor diámetro, más flexibles y más fáciles de instalar que los cables eléctricos y son apropiados para utilizar en una amplia gama de temperaturas. También presenta una mayor resistencia a los ambientes extremos y líquidos corrosivos, que los cables eléctricos.
- La seguridad es mayor ya que es más difícil realizar escuchas sobre los cables de fibra óptica que sobre los cables eléctricos. Es necesario cortar la fibra para detectar los datos transmitidos.
- Se puede incrementar la capacidad de transmisión de datos añadiendo nuevos canales que utilicen longitudes de onda distintas.

- La vida media operacional y el tiempo medio entre fallos de fibra óptica son superiores a los de un cable eléctrico.

Entre las desventajas de usar este medio de transmisión podemos encontrar:

- Necesidad de una conversión Electro-Óptica: la señal debe convertirse al espectro luminoso por medio de dispositivos electrónicos LED o Láser en el extremo del transmisor.
- Caminos homogéneos: el cable se puede situar en tubos subterráneos o disponer en cables aéreos a lo largo de caminos homogéneos. En localizaciones montañosas o algunos entornos urbanos pueden ser más adecuados otros métodos de comunicación inalámbricos.
- Instalación especial: son necesarias técnicas especiales para la ingeniería e instalación de los enlaces donde se requiere un equipamiento adecuado para probar y poner en servicio las fibras ópticas.
- Reparaciones costosas: los procedimientos de reparación requieren habilidad especial en el manejo del equipamiento, ya que los equipos son complejos y costosos.

# Capítulo 3

## Descripción y Análisis

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

### 3.- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS

La solución adoptada se realiza sobre el requisito inicial de comunicar todos los emplazamientos del aeropuerto mediante un nuevo sistema de comunicaciones por fibra óptica con un único anillo físico de cable de fibra óptica de 24 fibras monomodo. El esquema de la siguiente imagen nos muestra dicho objetivo.

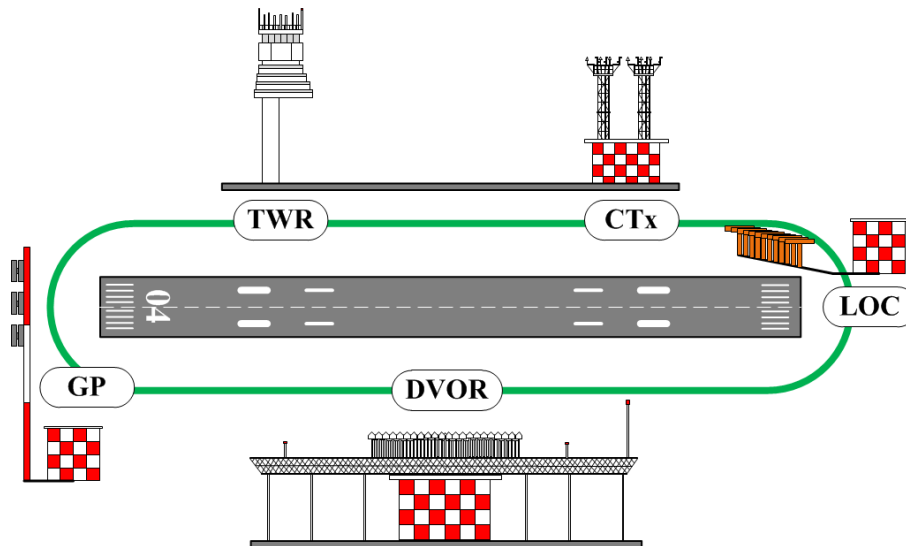


Figura 3.1. Estructura física en anillo de la solución propuesta

Se realizará una configuración de un doble anillo lógico de fibra óptica (anillo de servicios y anillo de red), donde se conectarán los cinco nodos que dan funcionalidad aeronáutica al aeropuerto, como son TWR, CTX, LOC, DVOR y GP. Con ello se dotará al sistema completo de la redundancia y disponibilidad de caminos solicitada en los requisitos del cliente. En la siguiente imagen podemos observar la estructura diseñada:

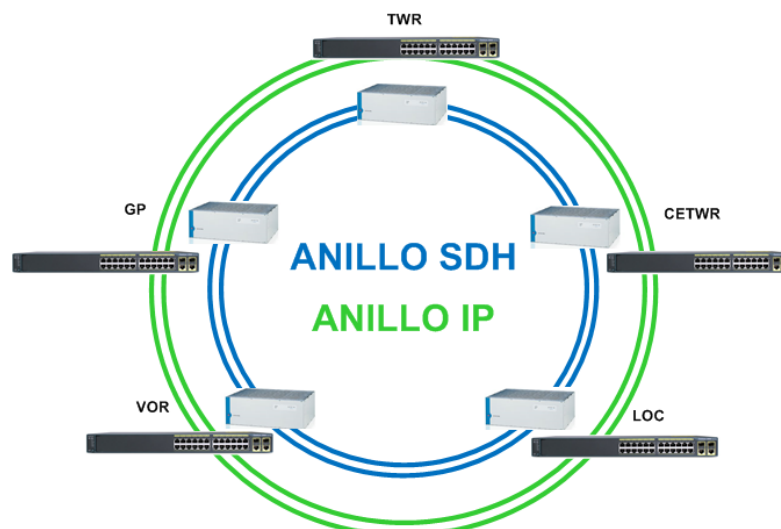


Figura 3.2. Estructura lógica en Anillo de la solución propuesta

Cada nodo se compone de diferentes equipos de alimentación, comunicaciones o supervisión, cuyas especificaciones técnicas se encuentran definidas en el punto “3.1. Parte Técnica” del presente proyecto y con el apoyo de la documentación de los fabricantes que se encuentra detallada en el “Anexo D. Documentación Técnica”.

En concreto, los equipos de comunicaciones se instalan en armarios (racks) de 42U de altura en TWR y armarios de 31U de altura en CTX, LOC, DVOR y GP. 1U de altura equivale a 4,45 cm y es el espacio mínimo que ocupa un equipo en los racks. En el “Anexo C: Planos y Esquemas” se puede consultar una distribución tipo de ambos modelos de armario, con los equipos que se detallan a continuación.

El sistema de alimentación compuesto por rectificadores conversores de 220Vac a -48Vdc elegido es de la marca PowerOne, modelo Aspiro AF. Se instalará un equipo en cada emplazamiento, en configuración redundante 1+1, es decir, con dos módulos rectificadores XPGE 12.48, además del módulo de supervisión ACC. Las baterías elegidas se componen en cada emplazamiento, por cuatro monoblocks de la marca Sunligth modelo SPB 12-55 de 55Ah.

La decisión de utilizar fibra óptica para este proyecto, es debido a varios factores. En primer lugar es un requisito obligatorio por parte del cliente. En segundo lugar, los equipos de comunicación que se utilizan, al trabajar con la tecnología SDH requieren el uso de fibra óptica según lo marcado por la norma G.803, no siendo posible la utilización de cobre. Por otro lado, se ha descartado el uso de la tecnología FDM, porque está especificada para otros usos como radio, televisión, etc. En el caso de WDM, no se ha elegido debido a su elevada capacidad de datos y coste de los equipos. Para este escenario no es necesaria tanta capacidad y no compensa el incremento de presupuesto.

El anillo de fibra óptica destinado a servicios se compone por equipos ADM de la marca RAD, modelo Megaplex 4100 en cada nodo. Se instalará un equipo en cada emplazamiento, todos ellos en configuración redundante 1+1 tanto para alimentación (dos tarjetas PS/48), como para lógica común (dos tarjetas CL/2). En cuanto a interfaces de audio, se configurará el equipo de TWR con dos tarjetas VC8E&M y una tarjeta para el resto de emplazamientos. Para el resto de interfaces que se van a configurar, como son la tarjeta de audio analógico lado central VC8/FXO, la tarjeta de audio analógico lado abonado VC8/FXS, la tarjeta de datos RS232 denominada HS/RN y la tarjeta de datos V35 llamada HS/6N, se configurará una tarjeta de cada tipo en cada multiplexor.

El anillo de fibra óptica destinado a supervisión se compone por switches de la marca Cisco, modelo Catalyst 2960 TC-S, instalándose uno en cada emplazamiento. El equipo conmutador principal (router) y gestor de las comunicaciones de telefonía IP (centralita) elegido es de la marca Cisco, modelo UC540. Este equipo se instalará en el emplazamiento de la Torre de Control, ya que es el punto común de los diferentes sistemas aeroportuarios. Para completar el sistema de telefonía IP se configurará un teléfono IP de Cisco, modelo SPA 501G en cada emplazamiento.

El servidor principal que sirve de equipo de supervisión, monitorización y control es de la marca DELL, modelo Poweredge R210, junto con un monitor DELL E1713S, teclado y ratón y se instalará en la Torre de Control.

El portátil destinado a realizar la supervisión desde cualquier emplazamiento de forma remota es de la marca DELL, modelo Inspiron 15z. Se dejará configurado en la Torre de Control.

### 3.1 PARTE TÉCNICA

Los equipos de comunicaciones elegidos cumplen con toda la normativa presentada por el cliente en los requisitos iniciales. En el “*Anexo D. Documentación Técnica*” se encuentran las hojas de especificaciones técnicas de los equipos que se han elegido para la instalación, donde se pueden consultar las características que el fabricante proporciona.

A continuación se detallan algunas de las especificaciones técnicas más relevantes de cada equipo seleccionado para la instalación.

#### 3.1.1 ARMARIOS DE COMUNICACIONES TMN (RACK DE 31U Y 42U)

Un rack de comunicaciones es un armario construido en su base por metal y medidas se encuentran estandarizadas para albergar normalmente equipos de comunicaciones. Estos armarios protegen a los equipos de todo tipo de situaciones, desde golpes o roces hasta condiciones climatológicas adversas. Existen armarios adaptados a localizaciones interiores y exteriores, y disponen de barras laterales con agujeros equiespaciados entre sí para ajustar los equipos a ellos.

En este caso se usarán armarios de la marca TMN normalizados a una anchura estándar de 19 pulgadas, y alturas de 42U y 31U, según se puede consultar en la hoja de características técnicas [7]. Como ya se mencionó con anterioridad, 1U es una unidad estándar de medida de longitud y se corresponde con 4,45 cm. A continuación se muestra una imagen de este tipo de armarios.



Figura 3.3. Armario de comunicaciones TMN de 31U

En el *Anexo C: “Planos y Esquemas”* se encuentran los dos modelos de distribución de equipos en los armarios de comunicaciones. El modelo TWR es el especificado para este emplazamiento. El modelo CTx es idéntico para los emplazamientos LOC, DVOR y GP.

### 3.1.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de Energía o Alimentación es el sistema de conversión de tensión alterna a tensión continua, que permitirá disponer en caso de fallo, de una energía ininterrumpida durante un cierto tiempo.

#### 3.1.2.1 POWERONE ASPIRO AF

El equipo principal de este sistema de alimentación es un equipo modular y redundante de la marca PowerOne, modelo Aspiro AF 48V/4800W (1+1).

En la siguiente figura se muestra la parte frontal del equipo:



Figura 3.4. Sistema de Alimentación Aspiro AF (1+1) XR 08.48

Este sistema tiene factor de potencia mayor al 99% y una eficiencia superior al 96%, según la hoja de características del fabricante [8]. Permite ser instalado en rack de 19 pulgadas, y ocupa una altura de 2U. Dispone de diez magnetotérmicos de carga, de los que ocho son para alimentación de equipos y dos para protección de baterías. Entre sus características se puede destacar:

- Inserción de hasta 4 módulos conversores rectificadores XPGE 12.48 de 1200W cada uno y funcionamiento de trabajo simple en 1+0 o redundante en 1+1 y 2+2. Se configurarán de forma redundante 1+1.
- La instalación de un módulo de control, supervisión y alarmas digital (ACC) con test de baterías y supervisión local y remota mediante protocolo SNMP en redes TCP/IP.
- Un sensor de temperatura de las baterías.
- Un sensor de la simetría de la tensión de las baterías.

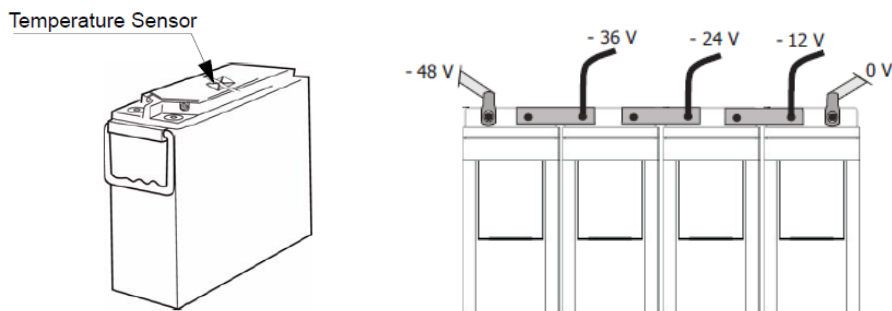


Figura 3.5. Esquema de conexión del sensor de Temperatura y Simetría de Baterías



#### 3.1.2.1.1 RECTIFICADOR CONVERSOR AC/DC - XPGE 12.48

El rectificador elegido es de la marca PowerOne, modelo XPGE 12.48 capaz de proporcionar una tensión de salida de -48Vcc y hasta 1200W. Además, estos módulos permiten ser extraídos o insertados en caliente durante su funcionamiento. A continuación se muestra una imagen:



Figura 3.6. Módulo rectificador XPGE 12.48 del Sistema de Alimentación

#### 3.1.2.1.2 MÓDULO DE SUPERVISIÓN - ACC

El módulo de control digital ACC sirve para gestionar la configuración del sistema de alimentación, además de supervisar y controlar las alarmas y estado de los rectificadores. Dichas tareas se pueden realizar de forma local (mediante el *display* frontal) o bien mediante el uso del protocolo SNMP aplicado a redes TCP/IP.



Figura 3.7. Módulo de control ACC del Sistema de Alimentación

#### 3.1.2.2 BATERÍA SUNLIGHT SPB

Las baterías que se han elegido son de la marca *Sunlight*, modelo SPB 12-55 de 48V (cuatro monoblocs de 12V) con capacidad de 55 Ah. Están fabricadas con plomo hermético AGM-VRLA de recombinación de gas y sin necesidad de mantenimiento, siendo el tiempo de vida de las baterías entre 10-12 años. La autonomía media de dichas baterías es de seis horas con un consumo de 420 W. Las propiedades se pueden consultar en la hoja de especificaciones técnicas [9].



Figura 3.8. Batería SPB 12-55 del sistema de Alimentación

### 3.1.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDH

El sistema de transmisión principal se compone por equipos ADM a nivel SDH, conectados en arquitectura de anillo de comunicaciones.

#### 3.1.3.1 MULTIPLEXOR ADM - RAD MEGAPLEX 4100

El sistema de transmisión de servicios SDH se compone por equipos de acceso y transporte de la marca Rad, modelo Megaplex-4100. Todas las características que se explican a continuación se encuentran brevemente expuestas en la hoja de especificaciones técnicas [10] y completamente detalladas en el Manual de Instalación y Operación del multiplexor [11].

El multiplexor permite crear nodos de acceso a gran cantidad de tipos diferentes de servicios tributarios TDM de voz digital, voz analógica e ISDN, de baja velocidad o de alta velocidad Nx64 kbps de datos. Además de servicios Fast Ethernet y Gigabit Ethernet o de última generación sobre PDH, SDH, SONET o redes de paquetes conmutados (PSN).



Figura 3.9. Vista frontal del equipo multiplexor Megaplex-4100

Incorpora una matriz interna de cross-conexión de hasta 320 Mbps a nivel VC-12/3/4, lo que permite cruzar el tráfico para realizar conexiones directas entre canales y su ampliación futura a niveles superiores de SDH.

Dispone de una gran flexibilidad para la asignación de canales y se suministran a tal efecto las interfaces necesarias de los diferentes servicios para cubrir las necesidades de tráfico actuales y futuras entre emplazamientos. Los servicios soportados son, como se indica más adelante, audio con señalización E&M, telefonía (lado central y abonado), datos de baja y de alta velocidad y tributarios/agregados E1.

Como se puede observar en la ilustración siguiente, el equipo está diseñado de forma modular, lo que significa que dispone de unos huecos o *slots* para la configuración de diferentes tarjetas de servicios tributarios y agregados. Este modelo de multiplexor se divide en catorce slots:

- **Slots 1 y 2:** tarjetas de alimentación del equipo, llamadas PS-A y PS-B.
- **Slots 3 al 7 y 10 al 14:** tarjetas de interfaz tributarias I/O (Entrada/Salida) para los servicios.
- **Slots 8 y 9:** tarjetas de interfaz de agregados SDH, llamadas CL-A y CL-B.

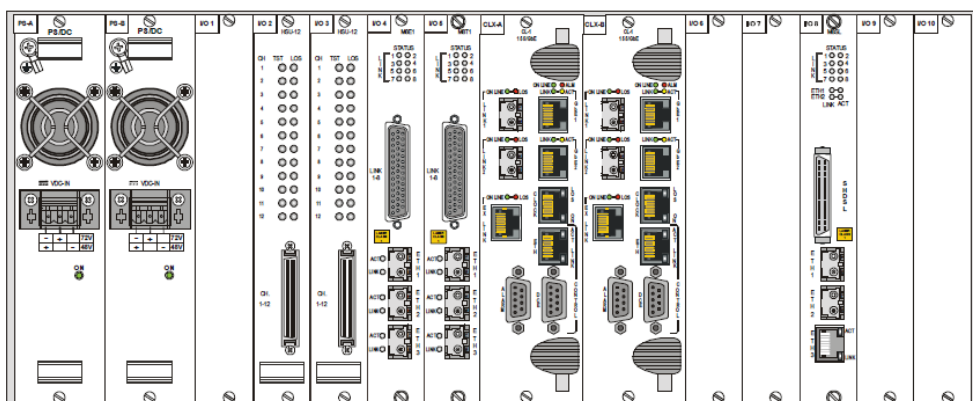


Figura 3.10. Ejemplo de distribución de tarjetas en los slots del multiplexor

En el Manual de Instalación y Operación del equipo Megaplex-4100 [11] se indican las diferentes tarjetas disponibles para albergar servicios de tributarios. En la siguiente tabla se muestra algunas de las más comunes:

| TARJETA               | DESCRIPCIÓN  |
|-----------------------|--|
| VC-4/8/16 E&M/FXS/FXO | 4/8/16 puertos FXS/FXO/E&M de voz analógica PCM/ADPCM <sup>5</sup> |
| HS-RN                 | 4 puertos de baja velocidad RS232                                  |
| HS-6/12N              | 6 o 12 puertos V.11/V.24/V.35                                      |
| VC-4/OMNI             | 4 puertos de voz PCM ómnibus                                       |
| HS-703                | 4 canales de datos G.703 codireccionales                           |
| ML-1E1, ML-2E1        | 1 o 2 puertos E1 con interfaz cobre                                |
| MLF-1E1, MLF-2E1      | 1 o 2 puertos E1 con interfaz fibra óptica                         |
| MSL-8                 | 8 puertos SHDSL <sup>6</sup> con tres puertos Ethernet             |
| HS-S                  | Módulo de 4 canales RDSI con interfaz "s"                          |
| ML-20N/2, ML-20N/1    | 1 o 2 puertos Nx64kbps de alta velocidad                           |
| HSF-2                 | 2 puertos ópticos con interfaz con teleprotección                  |
| LS-6N                 | 6 o 12 puertos de baja velocidad                                   |

Tabla 3.1. Módulos de servicios tributarios que admite el equipo multiplexor MP4100

El equipo ADM o multiplexor de inserción y extracción de servicios, dispone de las siguientes características técnicas (todas ellas en la tarjeta de cross-conexión CL):

- Multiplexor de inserción y extracción de servicios a nivel PDH y SDH, con capacidad de multiplexación STM-1/OC-3 para 63 E1 (STM-1) y hasta 80 T1 (OC-3).
- Matriz de cross-conexión de tributarios DS0 (Señal Digital a nivel 0) y agregados DS1 (Señal Digital nivel 1).
- Protecciones: APS (Conmutación Automática de Protección), MS-SP (Protección en Anillo de Sección Compartida Múltiple) y SNCP (Protección de Anillo de Conexión a la Subred).

<sup>5</sup> ADPCM: Modulación por Impulsos Codificados Diferenciales Adaptativos

<sup>6</sup> SHDSL: Línea digital de abonado de un solo par de alta velocidad.

- Servicios Pseudowire (ATM, TDM, IP) y gestión del equipo vía DDC (Canal de Datos de Visualización), sobre trama SDH/SONET.
- Configuración máxima con diferentes tarjetas de 20 puertos para la multiplexación TDM y Ethernet sobre fibra óptica, 160 puertos E1, 30 puertos Fast Ethernet, 120 puertos de datos de 64 kbps y 160 puertos de voz analógica.
- Altura de 4U de altura e instalable en rack de 19-pulgadas.
- Gestión y Supervisión a través del software propietario RADview-EMS, agente SNMP, Telnet y SSH (Intérprete de Órdenes Seguras).

La combinación de los diferentes servicios en la trama de nivel superior STM-1 requiere realizar conexiones de señales digitales:

- **DS0**: señales digitales a nivel cero (64 kbps) mediante una matriz de cross-conexión que se encuentra integrada en los módulos CL/2. Tiene una capacidad de 240x32 conexiones donde se distinguen varios tipos de *timeslots* con información administrativa, de audio o de datos.
- **DS1**: señales digitales a nivel uno (2 Mbps) para servicios tributarios PDH, E1/T1.
- **Mapeado SDH**: señales digitales de nivel PDH mapeadas en contenedores virtuales VC-4 a nivel SDH.

El equipo dispone de las funcionalidades propias de la tecnología SDH aplicada a anillos de comunicaciones. Entre las protecciones que se pueden configurar se encuentran:

- **Redundancia de trama SDH/SONET**: protección APS para enlaces unidireccionales 1+1, regulado por ITU-T G.842.
- **Redundancia de enlaces PDH/VC-12**: protección de contenedores virtuales de la trama SDH protegiendo un enlace mediante la replicación del mismo por otro camino. Se dispone de tres posibles configuraciones:
  - *Redundancia Cable Dual (RX Paralelo)*: dos enlaces del mismo tipo se conectan al equipo remoto en paralelo, siendo uno de ellos el principal u otro el secundario de reserva y con un tiempo de conmutación de 50 ms.

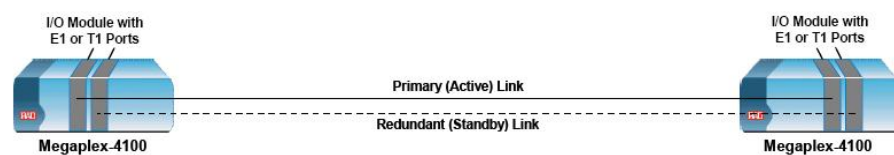


Figura 3.11. Redundancia PDH por Cable Dual

- *Redundancia Cable en Y*: la configuración es idéntica a la anterior redundancia, las interfaces físicas y eléctricas se encuentran conectadas al mismo enlace mediante un cable en Y, para los casos en los que disponga de un número limitado de recursos.

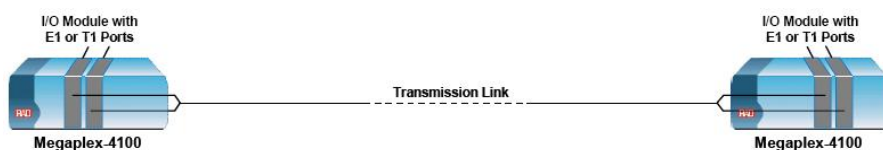


Figura 3.12. Redundancia PDH usando cables en Y

- *Redundancia en Anillo:* se proporciona una mayor disponibilidad de caminos en aplicaciones críticas, usando una conmutación de protección rápida inferior a 50 ms. Se pueden configurar las protecciones MS-SP Ring y SNCP según los estándares de la tecnología.

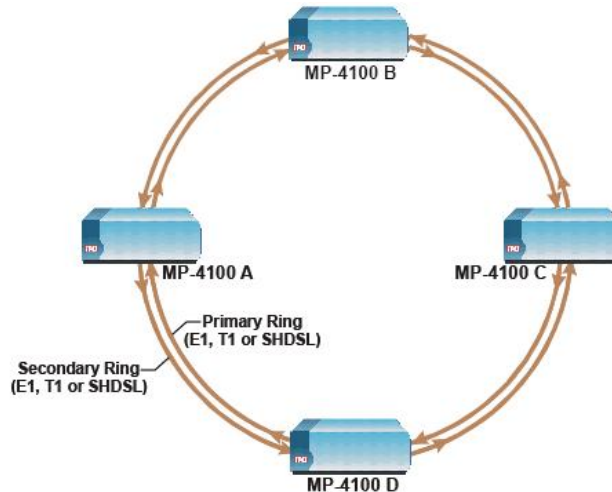


Figura 3.13. Redundancia E1/T1 usando red en anillo

En el *Anexo C: “Planos y Esquemas”* se encuentran los dos modelos de distribución de tarjetas en un multiplexor. El modelo TWR es el especificado para este emplazamiento. El modelo CTx es idéntico para los emplazamientos LOC, DVOR y GP.

#### 3.1.3.1.1 TARJETA DE LÓGICA COMÚN - CL/2

La tarjeta de lógica común se denomina CL/2 y es en la que se unifican todas las funcionalidades PDH, SDH, Ethernet del multiplexor explicadas anteriormente. A continuación se muestra una imagen frontal de la tarjeta CL/2 donde se pueden identificar las interfaces:

- Una interfaz ALARM para salida de alarmas (mayor, menor) mediante conector DB9-H.
- Dos interfaces LINK de conexión fibra óptica para realizar enlaces STM-1 (SDH) punto a punto, mediante transceptor óptico SFP (SM 1310 nm) y conector LC/PC.
- Una interfaz CLOCK de entrada externa (2 MHz, 2 Mbps) y salida de reloj para sincronización mediante conector RJ45-H. Permite crear un sistema de tiempos independiente de sincronización SDH/SONET (S-Subsystem).
- Una interfaz DCE para gestión mediante protocolo RS232 y conector DB9-H.
- Una interfaz ETH para gestión servicios Ethernet 10/100 Mbps (gestión y creación de VLANs) y conector RJ45-H.

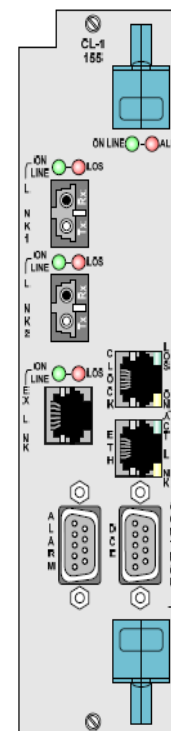


Figura 3.14. Tarjetas de lógica común CL/2 con capacidad STM-1

### 3.1.3.1.2 MÓDULO TRANSCEPTOR ÓPTICO - SFP2

El módulo transceptor es el elemento activo del equipo donde se realiza la conversión electro-óptica de las señales de comunicaciones para poder ser transmitidas por la fibra óptica.

El módulo seleccionado para instalar uno en cada tarjeta CL/2 de cada multiplexor, es el modelo SFP2. A la derecha se muestra una imagen del módulo.



Figura 3.15. Módulo Transceptor Óptico SFP

Entre las características que se pueden obtener de la hoja de características técnicas [12] del fabricante podemos encontrar:

| Módulo | Transmisor [nm] | Conector | F.O.           | Sensibilidad del Receptor [dBm] |       | Potencia de Salida Típica [dBm] |       | Rango Típico (km) |
|--------|-----------------|----------|----------------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|-------------------|
|        |                 |          |                | (min)                           | (máx) | (min)                           | (máx) |                   |
| SFP-2  | Laser, 1310     | LC       | 9/125 Monomodo | -28                             | -8    | -15                             | -8    | 9,3               |

Tabla 3.2. Características ópticas del módulo de fibra óptica SFP-2

### 3.1.3.1.3 TARJETA DE ALIMENTACIÓN - PS/48

La tarjeta de alimentación para dar energía al multiplexor es el modelo PS/48 en configuración redundante 1+1, para la que están reservados los slots PS-A y PS-B.

Estas tarjetas proveen al equipo de una alimentación de -48Vdc con un consumo máximo de 350W. Tan solo una se mantiene operativa en cada equipo y en caso de fallo, la reserva asume todo el consumo sin que haya corte de energía.

Permiten ser insertadas o extraídas durante el funcionamiento del equipo, lo que se suele conocer como inserción o extracción en caliente.

Se instalarán, por lo tanto, dos tarjetas en cada multiplexor. En la imagen de la derecha se muestra un esquema del diseño frontal de esta tarjeta, donde se puede identificar el conector de entrada de tensión y el ventilador de refrigeración.

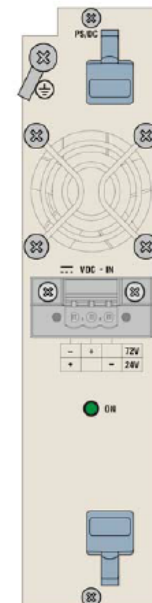


Figura 3.16. Tarjetas de Alimentación PS/48 para el Multiplexor MP4100

#### 3.1.3.1.4 TARJETA DE AUDIO - VC8 E&M/FXO/FXS

La tarjeta de audio para transmisión de servicios de voz analógica, como pueden ser las frecuencias VHF (Frecuencia Muy Alta) y UHF (Frecuencia Ultra Alta) del aeropuerto o la telefonía lado central y lado abonado, es el modelo VC8, que dispone de ocho canales con sus diferentes configuraciones:

- **VC8/E&M** (tarjeta de audio analógico a  $600\Omega$ ):
  - Canales de Audio a 2 o 4 hilos a  $600\Omega$ , con señalización E&M para los tipos estándares (I, II, III y V) y conectores de interfaz balanceada RJ45.
  - Consumo de potencia entre 2.8 W a 5.2 W a una tensión continua de -48 Vdc.
  - Optimizada para comunicaciones Aeronáuticas y Navales.
- **VC8/FXO** (tarjeta de telefonía lado central):
  - Canales de Telefonía a 2 hilos lado Centralita con conexión a líneas PBX (Central de Conmutación Privada) y centralitas externas.
  - Señalización *loop-start* y *wink-start* (inicio y fin de la llamada).
  - Consumo de potencia de 1.9 W a 2.5 W con una tensión continua de -48 Vdc y Conectores RJ12-H.
- **VC8/FXS** (tarjeta de telefonía lado abonado):
  - Canales de Telefonía a 2 hilos lado Abonado y posibilidad de creación de líneas directas entre dos tarjetas iguales.
  - Consumo de potencia de 2.5 W a 4.7 W con una tensión continua de -48 Vdc y Conectores RJ12-H.

A continuación se muestra una imagen de la parte frontal de las tres posibles configuraciones para este tipo de tarjeta:



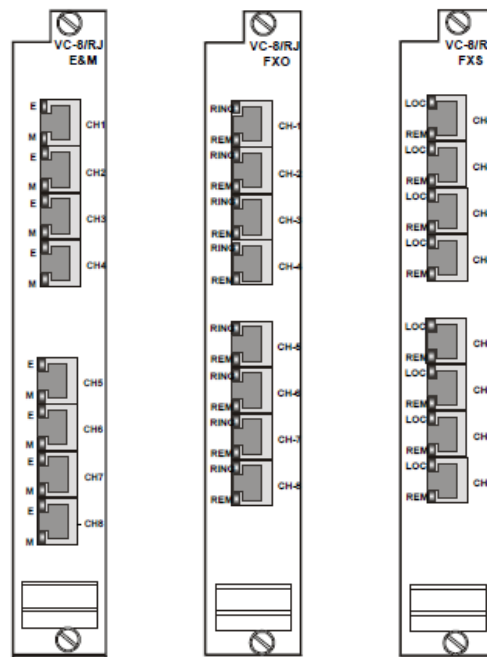


Figura 3.17. Tarjetas de Audio VC8/E&M, FXS, FXO para el Multiplexor MP4100

#### 3.1.3.1.5 TARJETA DE DATOS RS232 - HS/RN

La tarjeta de datos de baja velocidad (por debajo de la velocidad de 64 kbps) para el multiplexor MP4100 se denomina HS-RN. Entre las características técnicas se pueden destacar:

- Tarjeta de cuatro canales de Datos a baja velocidad.
- Velocidades configurables: 0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 7.2, 9.6, 14.4, 19.2, 28.8, 38.4, 56, 64 kbps.
- Dos posibles configuraciones, síncrona o asíncrona.
- Ancho de Banda optimizado mediante HDLC (High-Level Data Link Control).

En la imagen de la derecha se puede ver la parte frontal de esta tarjeta donde se identifican los dos conectores de los canales de datos. Así como los leds de activación y alarma de cada canal.

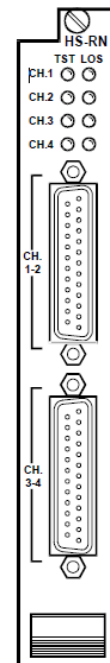


Figura 3.18. Tarjeta de Datos HS/RN para el Multiplexor MP4100



#### 3.1.3.1.6 TARJETA DE DATOS V35 - HS/6N

La tarjeta de datos de baja velocidad (por encima de la velocidad de 64 kbps) para el multiplexor MP4100 se denomina HS-6N. Entre las características técnicas se pueden destacar:

- Tarjeta de 6 canales síncronos de Datos a alta velocidad.
- Velocidades de canal configurables de Nx56, Nx64 kbps hasta completar capacidad de un E1.
- Tres posibles interfaces de datos configurables V.35, RS-422/V.11, RS-232.
- Conectores SCSI (Interfaz de Sistema para Pequeñas Computadoras) 68 pines-H.

En la imagen de la derecha se puede ver la parte frontal de esta tarjeta donde se identifican los dos conectores de los canales de datos.

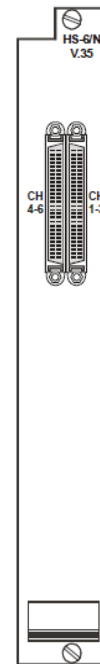


Figura 3.19. Tarjeta de Datos HS/6N para el Multiplexor MP4100

### 3.1.4 SISTEMA DE TRANSMISIÓN IP

#### 3.1.4.1 SWITCH - CISCO CATALYST 2960 24TC-S

El conmutador principal o switch que se ha elegido para cada emplazamiento es de la marca Cisco, modelo 2960-24TC-S y con ellos se creará el anillo IP dedicado a supervisión, gestión y control. Este switch dispone de 24 puertos 10/100 Fast Ethernet, además de 2 puertos Gigabit Ethernet SFP, según las especificaciones técnicas del equipo [13]. Las interfaces de comunicaciones disponibles son las siguientes:

- 24 puertos, 10Base-T/100Base-TX (con interfaz RJ-45)
- 2 puertos, 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T (con interfaz RJ-45)
- 2 puertos ópticos SFP (con interfaz LC/PC)

En la figura de la siguiente página se muestra la parte frontal y trasera del switch 2960 24TC-S:

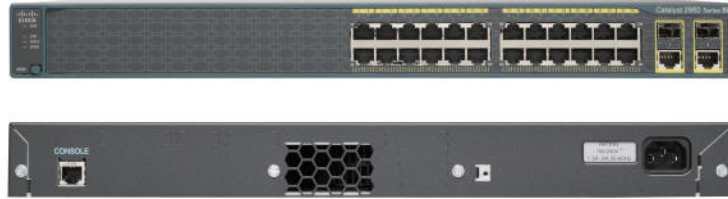


Figura 3.20. Parte frontal y trasera del switch Cisco 2960 24TC-S

Este equipo se puede instalar en armarios de 19 pulgadas, ocupando una altura de 1U. Las medidas físicas son: 445x44x328 mm (ancho, alto, profundo) y el consumo en configuración máxima es de 30W siendo la tensión de entrada estándar de red eléctrica de 220 Vac.

Dispone de la posibilidad de tomar la alimentación de la propia red Ethernet, PoE (*Power over Ethernet*). Permite una gestión inteligente del tráfico y la recopilación de estadísticas para ofrecer al usuario final una calidad del servicio QoS (Calidad de Servicio).

Entre las características más destacables que le hacen cumplir con los requisitos solicitados se encuentran:

- Integración de los protocolos STP, MSTP y RSTP (estándares normal, múltiple y rápido del protocolo Spanning-Tree).
- Gestión y creación de hasta 64 VLAN (redes virtuales de área local).
- Recuperación automática ante fallos aleatorios de red o del propio switch.
- Gestión remota desde cualquier punto de la red mediante los protocolos SNMP 1, SNMP 2c, SNMP 3, Telnet, HTTP (servidor web embebido).

#### 3.1.4.2 ROUTER/CENTRALITA - CISCO UC540

El equipo enrutador principal y gestor de comunicaciones IP que se ha elegido para instalar en la Torre de Control como punto único, es de la marca Cisco, modelo UC540. Según la hoja de características técnicas [14], se puede observar que dispone de las siguientes interfaces:

- 4 puertos FXS (interfaces para líneas telefónicas analógicas lado abonado).
- 4 puertos FXO (interfaces para líneas telefónicas analógicas lado central).
- 8 puertos Fast Ethernet 10/100 Mbps.
- 1 puerto WAN de conexión a redes exteriores para funcionamiento como enrutador.
- Wireless 802.11b/g integrado para comunicaciones inalámbricas de hasta 54 Mbps.

Este equipo se puede configurar como router principal del sistema para permitir conexiones con redes externas. Entre los protocolos de enrutamiento que puede manejar se encuentran los habituales RIP, IGRP, EIGRP, OSPF, BGP. También permite la configuración de STP y diferentes niveles de encriptación y seguridad de las comunicaciones con QoS para VoIP (Voz sobre IP).

A continuación se puede ver una imagen trasera del equipo gestor de las comunicaciones, donde se pueden identificar todas las interfaces anteriormente mencionadas:



Figura 3.21. Parte trasera del Sistema de Comunicaciones Unificado Cisco UC540

#### 3.1.4.3 TELÉFONO IP CISCO SPA 501G

El teléfono IP que se instalará en cada uno de los emplazamientos es de la marca Cisco, modelo SPA501G, y según las especificaciones técnicas [15], dispone de 2 puertos Ethernet LAN RJ45 10/100 Mbps con un consumo de 5W con un peso de 680 gr y unas dimensiones de 220x198x30 mm (anchura, altura, profundidad).



Figura 3.22. Parte frontal del Teléfono IP Cisco SPA501G

#### 3.1.5 SISTEMA DE GESTIÓN, CONTROL Y SUPERVISIÓN

El Sistema de Gestión, Control y Supervisión de las comunicaciones está formado por un conjunto de equipos con su respectivo software, que ofrecen servicios propios del mantenimiento de toda instalación desde varios puestos de supervisión locales o remotos. Entre éstos servicios se encuentran la gestión remota de parámetros de los equipos, obtención y análisis de datos y almacenamiento de históricos de alarmas.

A continuación se presentan las características del servidor principal de comunicaciones, monitor, cliente portátil y los dos software propietarios, Radview-EMS para los multiplexores y PowCom para el Sistema de Alimentación. La supervisión del resto de equipamiento se realiza mediante red TCP/IP ya que los equipos disponen de un servidor web embebido.

##### 3.1.5.1 SERVIDOR - DELL POWEREDGE R210

El ordenador que se ha elegido como servidor de comunicaciones para instalar en la Torre de Control es de la marca Dell modelo PowerEdge R210. Cuenta con discos duros redundantes

RAID (Conjunto Redundante de Discos Independientes) integrados, cifrado, seguridad y opciones de protección de datos, fuentes de alimentación de menor potencia y una implementación sencilla.

Entre las características técnicas que se pueden observar en la hoja de especificaciones del fabricante [16] podemos encontrar:

- Sistema Operativo Microsoft® Windows 2008 SP2, x86/x64.
- Procesador E3-1200 de cuatro núcleos Intel® Xeon.
- Memoria SDRAM (Memoria Dinámica de Acceso Aleatorio) DDR3 (Doble Velocidad de Datos) de 32 GB y 1333 MHz.
- Dos unidades de disco Duro SSD (Tarjeta en Estado Sólido) SATA (Tecnología de Acceso Serie Avanzada) de 2,5" de 6 TB.
- Doble fuente de alimentación 220Vac, con un consumo de 250 W.
- Adaptador Intel Gigabit Eth de puerto cuádruple, NIC (Tarjeta de Interfaz de Red) Gigabit Ethernet.
- Tarjeta de Video Matrox G200eW con 8 MB de memoria dedicada.
- Unidad de CD/DVD (Disco Compacto/Disco Digital Versátil) con soporte a los formatos -R/-R DL/-RW/-RAM/+R/+RW y una tasa máxima transferencia de 150 MByte/s.
- Display frontal e indicadores LED de diagnóstico.
- Adaptado para su instalación en rack de 19" con una altura de 1U.



Figura 3.23. Parte frontal del Servidor de Supervisión Dell PowerEdge R210

### 3.1.5.2 MONITOR - DELL E1713S

El monitor que se ha elegido para el sistema de Supervisión es de la marca Dell modelo E1713S y se instalará integrado en el rack de comunicaciones de la TWR de Control. Tiene una resolución de alta definición de 1280 x 1024 a 60 Hz en un tamaño de 17 pulgadas y proporción estándar 5:4. Ofrece conectividad VGA (Adaptador Gráfico de Video) y estándares de montaje VESA (Asociación Estándares Electrónicos y de Video) para para instalarlo en la pared. El consumo medio es de 18W por hora y de 0,5W de consumo de energía en modo suspensión, según la hoja de especificaciones técnicas [17].



Figura 3.24. Monitor de Supervisión Dell E1713S

### 3.1.5.3 PORTATIL - DELL INSPIRON 15Z

El ordenador portátil que se ha elegido y servirá de cliente de comunicaciones para realizar las labores de supervisión desde cualquier emplazamiento, es de la marca Dell, modelo Inspiron 15z. Entre las características técnicas que se pueden observar en la hoja de especificaciones del fabricante [18] podemos encontrar:

- Sistema Operativo Microsoft® Windows 8 x64.
- Procesador Intel® Core™ i5-3337U (3M Cache, hasta 2.7 GHz)
- Memoria SDRAM DDR3 de 6 GB y 1333 MHz.
- Disco Duro SSD SATA de 2,5" de 500 GB.
- Conexión Inalámbrica Intel® Centrino® Wireless 2230, 802.11 bgn + Bluetooth
- Unidad de CD/DVD con soporte a los formatos -R/-R DL/-RW/-RAM/+R/+RW.
- Batería principal de iones de litio de 6 celdas y 44 W/h.



Figura 3.25. Cliente portátil Dell Inspiron 15z

### 3.1.5.4 SOFTWARE RAD - RADVIEW-EMS

El programa que se instalará en el servidor principal para la gestión, supervisión y control remoto de los equipos que forman parte del sistema de transporte SDH, es un software propietario de la marca RAD y se denomina RADview-EMS. Su programación se ha realizado en Java y optimizado para el protocolo SNMP, permitiendo disponer de una arquitectura cliente/servidor para gestión flexible y una fácil configuración mediante la diferenciación de la

parte Edición (gestión) frente a la parte Agente (supervisión). Todas las características del sistema se pueden consultar en la hoja de especificaciones técnicas del software [19].

A continuación se puede observar la imagen principal del software, donde se puede comprobar la arquitectura del sistema en la parte superior y la supervisión de las alarmas en la parte inferior:

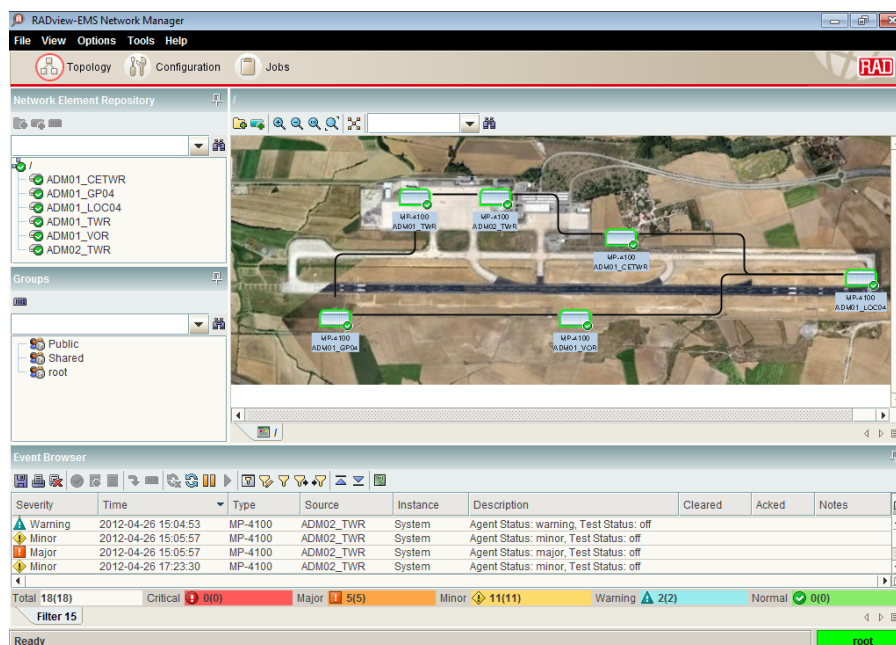


Figura 3.26. Pantalla principal del sistema de supervisión RADview EMS

El sistema de supervisión de las alarmas dispone de cinco tipos de alarmas o eventos, cuyo nivel de criticidad se corresponde con diferentes colores. En la tabla siguiente se pueden comprobar estos estados:

| Color           | Severidad | Significado                                    |
|-----------------|-----------|--|
| <b>Rojo</b>     | Critical  | Nivel 5. Alarma Crítica en tiempo real         |
| <b>Naranja</b>  | Major     | Nivel 4. Alarma Mayor en tiempo real           |
| <b>Amarillo</b> | Minor     | Nivel 3. Alarma Menor en tiempo real           |
| <b>Azul</b>     | Warning   | Nivel 2. Aviso de Error                        |
| <b>Verde</b>    | Normal    | Nivel 1. Evento pasado (asentido o recuperado) |

Tabla 3.3. Tabla de Niveles de Criticidad de las alarmas de software RADview-EMS

La parte de Gestión y Supervisión de cada equipo se realiza en pantallas intuitivas como la que se muestra a continuación, en donde se diferencia un ejemplo de la distribución de tarjetas de un equipo, así como los diferentes niveles de alarmas:

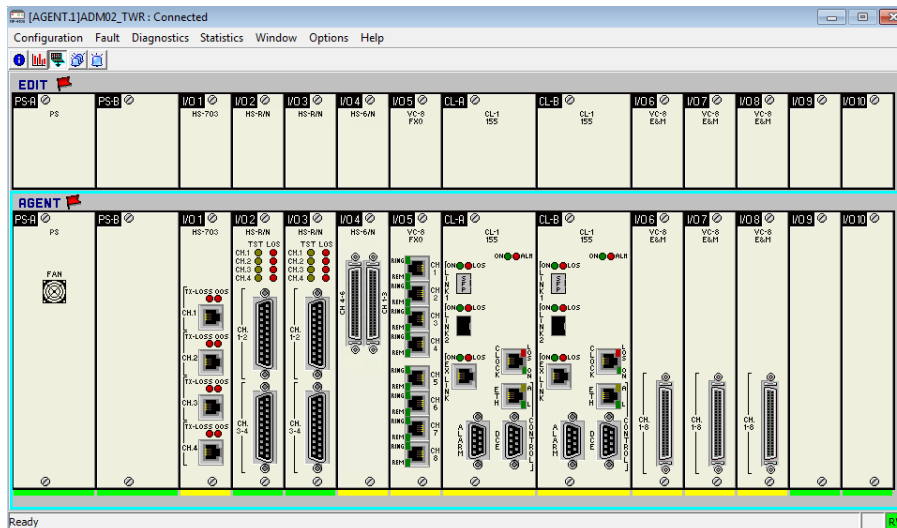


Figura 3.27. Visualización de la configuración de tarjetas y alarmas del MP4100

La configuración de los parámetros de los diferentes tributarios se realiza mediante pantallas sencillas como las que se muestran a continuación:

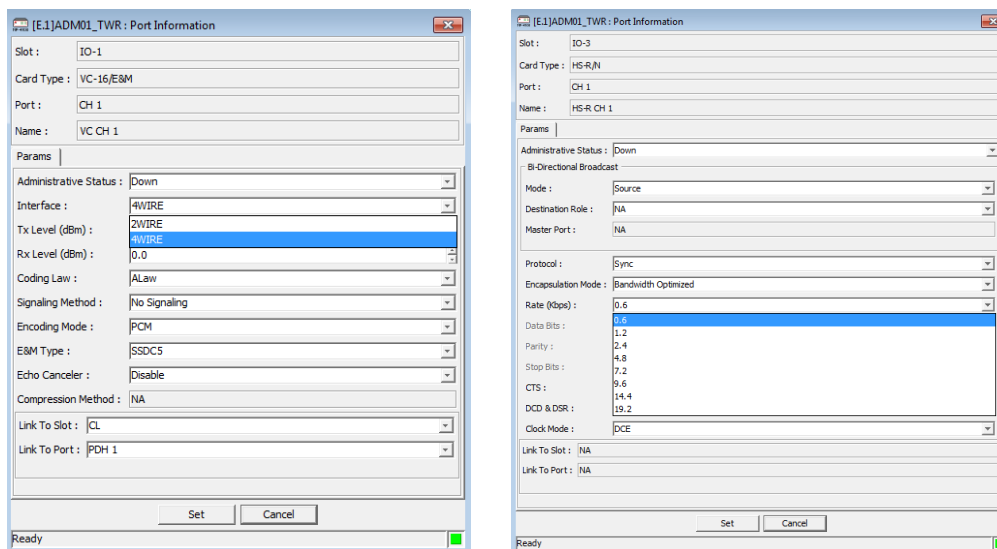


Figura 3.28. Menú de configuración de tributarios de Audio y Datos

Para la realización de conexiones DS0, se dispone de una distribución gráfica e intuitiva de los timeslots de un E1 a nivel PDH, donde se pueden ir insertando servicios en posiciones libres, según se puede comprobar a continuación:



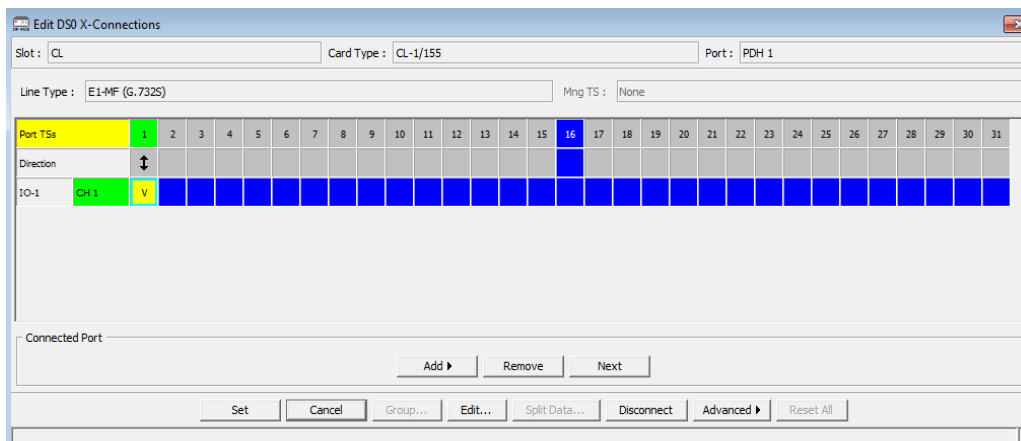


Figura 3.29. Ejemplo gráfico de conexiones a nivel PDH

De la misma manera, el mapeados a nivel SDH, donde las tramas E1 se insertan en sus correspondientes contenedores virtuales VC-4, se realiza de una forma bastante intuitiva y gráfica. A continuación podemos ver dos ejemplos de mapeado:

- **A nivel inserción-extracción:** el E1 llamado PDH-1 se encuentra mapeado en uno de los 63 contenedores virtuales disponibles (en concreto el TU-12.1 del TUG-2.1 del TUG-3.1) de la trama STM-1.
- **A nivel de paso:** el TU-12.2 del TUG-2.1 del TUG-3.1 se encuentra mapeado entre las dos tarjetas CL para dar paso a los servicios, por ese nodo en concreto.

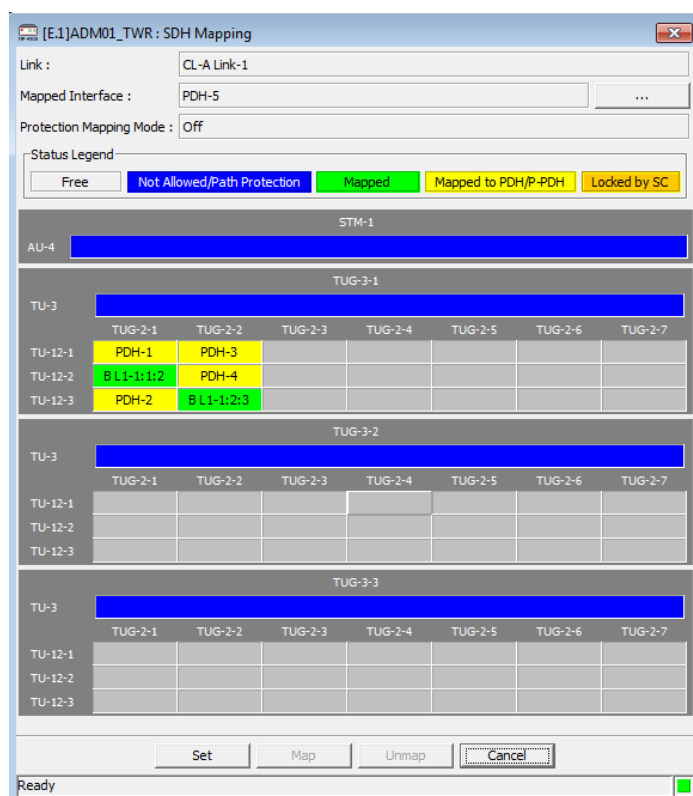


Figura 3.30. Ejemplo gráfico de mapeado a nivel SDH



### 3.1.5.5 SOFTWARE POWERONE - POWCOM

El software de gestión y supervisión del Sistema de Energía y Alimentación se denomina PowCom. Este software está diseñado para su funcionamiento a través de redes TCP/IP mediante protocolo SNMP. Permite la configuración de los parámetros del sistema y la supervisión de alarmas de una forma sencilla e intuitiva. La siguiente imagen se corresponde con la pantalla principal del programa, donde se pueden configurar los parámetros y alarmas de los rectificadores (márgenes de tensión, temperatura), del módulo de control y de las baterías (simetría y temperatura), según su hoja de especificaciones técnicas [20].

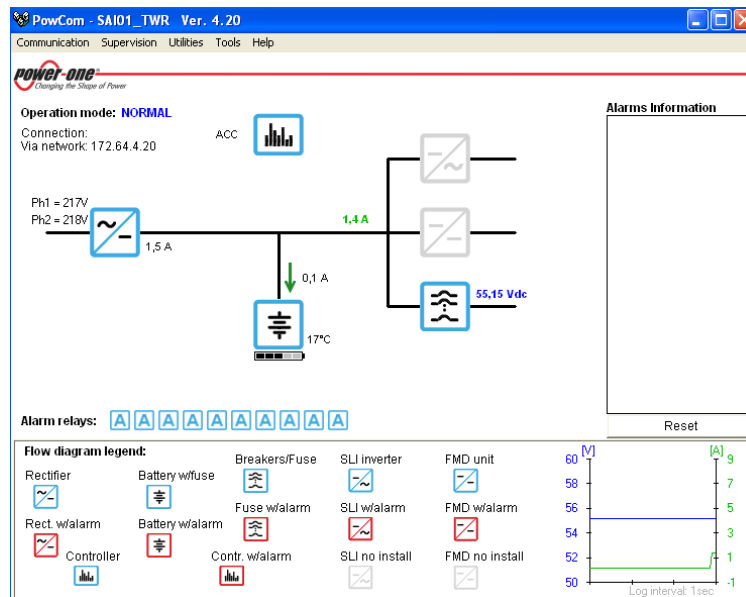


Figura 3.31. Pantalla principal de Supervisión de un equipo de Alimentación

A continuación se muestra un ejemplo de pantalla de configuración de los parámetros de un equipo de Alimentación:

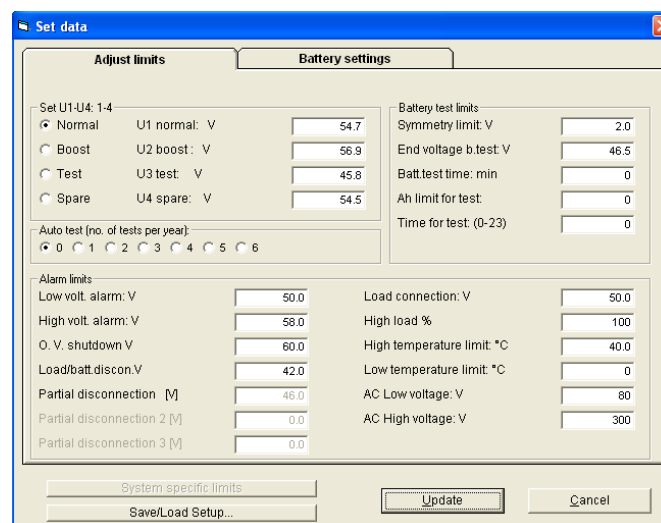


Figura 3.32. Menú de configuración de parámetros de un equipo de Alimentación

### 3.1.6 MEDIO DE TRANSMISIÓN

#### 3.1.6.1 CABLE DE COBRE TRENZADO S/FTP CAT6 - DRAKA UC400 SS23

El cable de cobre de pares trenzados elegido para realizar la instalación es de la marca Draka, modelo UC400 SS23. Este cable tiene características S/FTP (par trenzado blindado y apantallado), es decir, dispone de un apantallamiento de aluminio por par de cable trenzado, idóneo para instalaciones de cableado estructurado LAN y un apantallamiento general formado por una malla trenzada de cobre estañado. Según la hoja de especificaciones del fabricante [21], el cable está fabricado con materiales libres de halógenos, retardantes de la llama y de baja emisión y densidad de humos. A continuación se muestra una imagen de las características del cable:

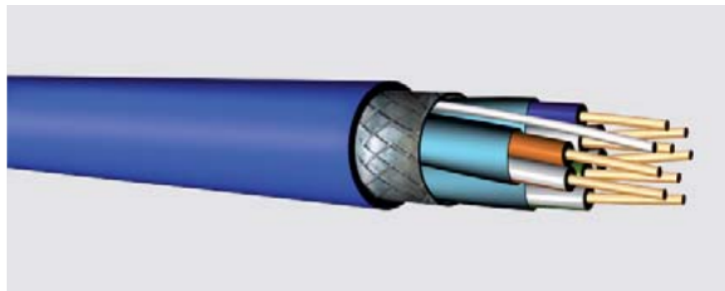


Figura 3.33. Cable de Cobre STP Cat6

#### 3.1.6.2 CABLE DE FIBRA ÓPTICA - DRAKA 24 FIBRAS ÓPTICAS

El cable de fibra óptica elegido para realizar la instalación es del fabricante Draka, modelo PST-18. Como se puede observar en su hoja de especificaciones técnicas [22] dispone de una cubierta dieléctrica fabricada sobre un refuerzo de acero. Se trata de un tipo de fibra óptica diseñada para su instalación en exteriores (galerías y canalizaciones).

Dispone de una alta protección frente a roedores y características ignífugas. Además utiliza cubiertas de termoplástico LSZH (con baja emisión de humos y libres de halógenos), lo que lo hace apropiado para su instalación en el interior de recintos concurridos según las normativas vigentes.

Dicho cable está formado por veinticuatro fibras ópticas, con relleno de gel y elemento rígido central para mayor facilidad y rigidez en el guiado e instalación. A continuación se muestra una imagen de las capas de la fibra óptica elegida.

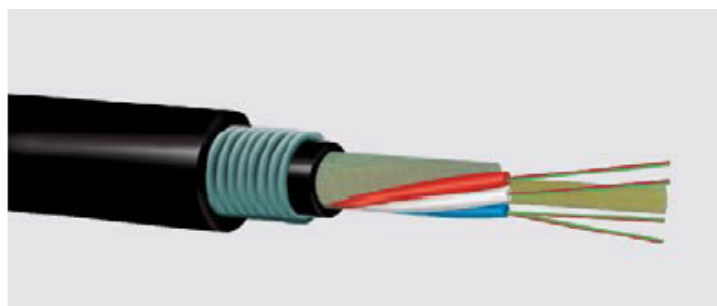


Figura 3.34. Cable de Fibra Óptica

### 3.2 ESTUDIOS Y SOLUCIONES

En este apartado se presentan las características de toda red SDH, como son la sincronización de la red mediante una señal de reloj patrón común (a la que todos los elementos de la red se conectarán) y las protecciones de anillo MS-SP Ring y SNCP (redundancia 1+1). La extensión de la funcionalidad de redundancia a redes IP, requiere la configuración del protocolo STP en los equipos. A continuación se muestra una descripción de estas soluciones.

#### 3.2.1 SINCRONIZACIÓN DE LA RED SDH

La sincronización es un elemento necesario y fundamental para el correcto funcionamiento de la red SDH para asegurar las altas tasas de velocidad de transmisión, pudiendo producirse una degradación de las características de la red e incluso un fallo total en ausencia de sincronización. Para evitar este hecho, todos los multiplexores de la red se sincronizan de un elemento maestro o primario de alta precisión de señal de reloj, conforme a la recomendación G.811 de la UIT-T (la calidad del reloj primario debe de ser al menos de  $10^{-11}$ ). Existen tres formas de sincronización:

- **Señal de Oscilador Interno:** todos los ADM de la red disponen de un oscilador interno con el que se puede generar la señal de reloj deseada.
- **Señal de línea STM-N:** a través de los enlaces de fibra óptica por donde circulan tramas STM-N, se puede leer la información de sincronización generada en otro nodo.
- **Señal de tributario PDH:** las señales de 2 Mbps disponibles en los E1 a nivel PDH, también se utilizan para sincronizar las tramas SDH.
- **Señal Externa:** un equipo externo, normalmente un GPS de alta calidad, se puede utilizar para generar una señal de 2 MHz con la que sincronizar toda la red.

La señal de reloj se distribuye por toda la red siguiendo estructuras jerárquicas o con escalas de prioridades, siendo las unidades de sincronización (SSU) y los relojes de equipos síncronos (SEC) quienes transfieren la señal de reloj. Ante un fallo de la fuente de sincronización principal, el equipo de fallo conmuta a la siguiente fuente de reloj con inferior calidad y si no fuera posible se pasa al modo 'holdover'. En este modo, el equipo genera la señal de sincronización mediante el propio oscilador interno, siendo capaz de recordar los valores de las últimas señales de sincronización almacenadas.

A continuación se muestra un breve esquema de sincronización de una red SDH compuesta por cuatro nodos multiplexores ADM<sup>7</sup>.

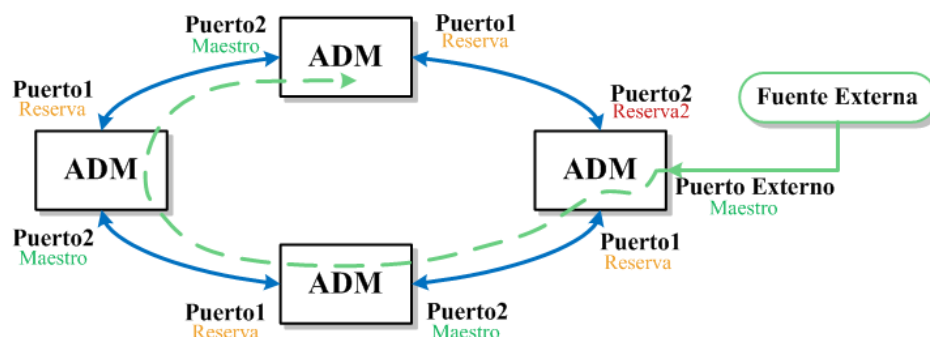


Figura 3.35. Esquema de Sincronización de una Red SDH

<sup>7</sup> ADM: Multiplexor de Inserción y Extracción. Su característica principal es que permite extraer parte de la información que llega (la configurada para este nodo) y dejar pasar hacia otro ADM el resto.

### 3.2.2 PROTECCION DE ANILLO

#### 3.2.2.1 PROTECCIÓN MS-SP RING PARA LA RED SDH

La protección MS-SP Ring para redes SDH en una configuración en anillo se usa cuando se requiere el envío de información entre los diferentes nodos del sistema por un único camino.

Esta protección permite que, en caso de fallo del camino principal (rotura o atenuación excesiva de una fibra del enlace), los nodos más cercanos sean capaces de detectar el fallo y reenvíen la información en el otro sentido, siendo los equipos transmisores los encargados de reencaminar los datos. A continuación se muestra en el siguiente esquema, un breve ejemplo del funcionamiento de esta protección:

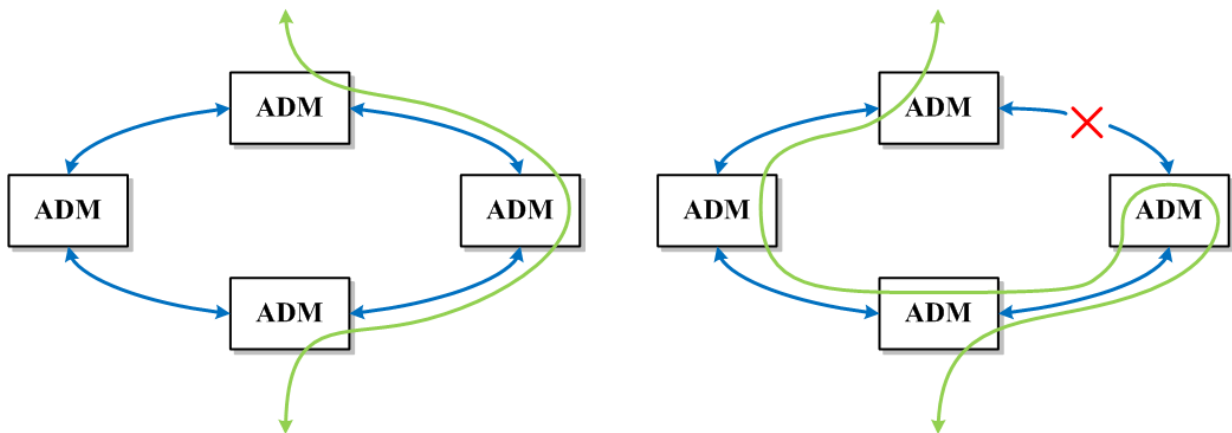


Figura 3.36. Ejemplo de Protección MS-SP Ring para una configuración en Anillo

#### 3.2.2.2 PROTECCIÓN SNCP PARA LA RED SDH

La protección SNCP para redes SDH en una configuración en anillo se usa cuando se requiere el envío de información entre los diferentes nodos del sistema por los dos caminos posibles existentes. Esta protección hace que, ante un fallo de un camino de los dos por los que se envía la información, ésta esté disponible automáticamente por el otro camino, siendo el equipo receptor el encargado de detectar este fallo y conmutar dicha recepción. A continuación se muestra un esquema del funcionamiento de esta protección:

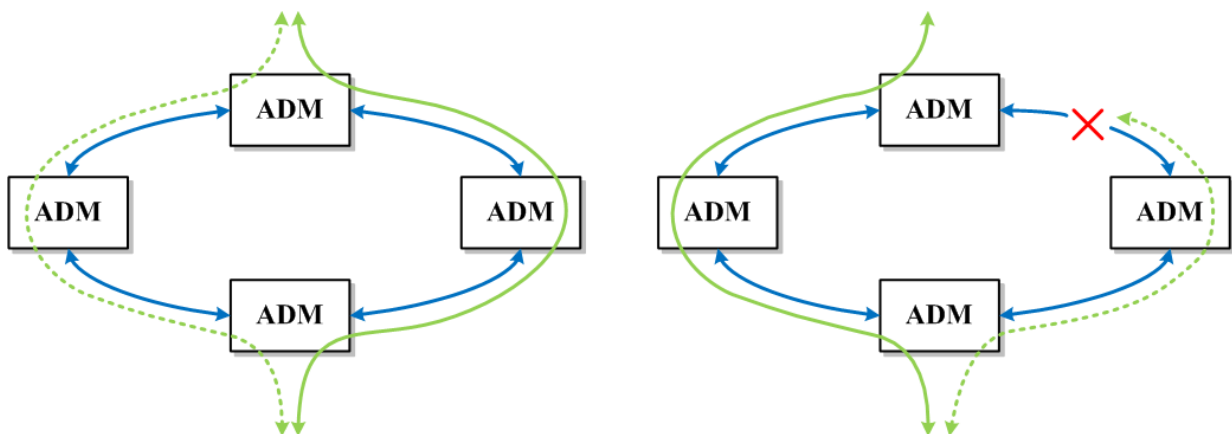


Figura 3.37. Ejemplo de Protección SNCP para una configuración en Anillo

### 3.2.2.3 PROTOCOLO STP PARA LA RED IP

El protocolo STP (Spanning Tree Protocol) provee a una configuración en anillo de una red IP de un sistema de comunicaciones, de redundancia de caminos y protección 1+1. Esta redundancia se logra teniendo enlaces físicos entre los diferentes switches que forma la red, pudiendo llegar los paquetes por diferentes caminos a un mismo destino. Esto puede provocar bucles y sobrecargar la red de información no deseada, como pueden ser las tormentas de broadcast, existir múltiples copias de una misma trama, llenar las tablas CAM (Contenido de la Memoria Direccional) de direcciones repetidas o generar bucles infinitos [6].

Para evitar este problema se usa el protocolo STP, que de lo que se encarga es de asignar a cada puerto de la red en anillo, un estado conforme a su participación en dicha red. Es decir, cada puerto se puede encontrar en el estado:

- **Bloqueado:** no reenvía tráfico de datos, aunque sí tramas de gestión.
- **Escuchando:** recibe, analiza y envía tráfico de gestión.
- **Aprendiendo:** recibe, analiza y envía tráfico de gestión, además de escribir en la tabla CAM, sin enviar las tramas de datos.
- **Reenviando:** recibe, analiza y envía todo el tráfico, tanto de datos como de gestión.
- **Deshabilitado:** puerto que no participa en la red.

La designación de los estados de cada puerto se realiza mediante negociaciones entre los diferentes switches que conforman la red. Lo primero que se realiza es la designación de un switch como equipo principal del protocolo STP o también llamado '*Puente Raíz*' (el que menor valor de dirección MAC posee).

A partir de ahí, los puertos de los enlaces que conectan directamente cada equipo con el puente raíz se denominan '*Puertos Raíz*' y permanecen en el estado de Reenviando. Los puertos del puente raíz se denominan '*Puertos Designados*' y el estado depende del proceso de negociación. Todos los puertos del resto de la red que pueden enviar tráfico se denominan como puertos designados en el resto de switches.

Por último, siempre se debe de designar un puerto de la red como '*Puerto No Designado*', que permanecerá en el estado de Bloqueo para evitar que se creen bucles.

A continuación se muestra un esquema de ejemplo de la configuración de los puertos de los switches tras la negociación entre los equipos.

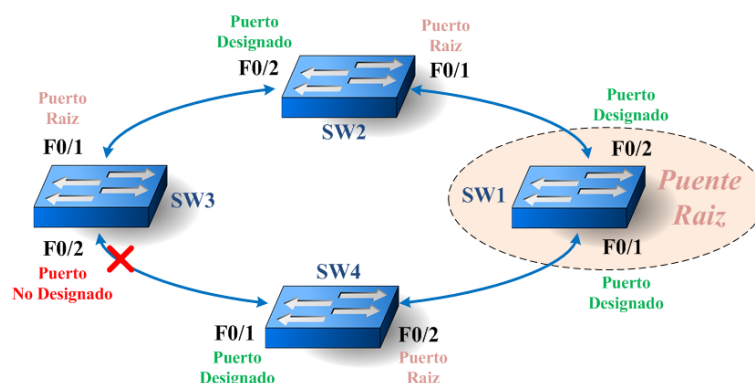


Figura 3.38. Ejemplo de Protocolo STP para una configuración de red IP en Anillo

### 3.3 DISEÑO TEÓRICO

El sistema de comunicaciones se ha diseñado bajo unos estándares mínimos de calidad y seguridad de la información, especificados en los requisitos del cliente. Para ello se muestran a continuación los cálculos del sistema de energía y del sistema de transmisión, los cuales, permiten satisfacer las demandas de autonomía de energía y máxima calidad de transmisión solicitados.

- **Autonomía del Sistema de Alimentación:** en caso de existir una caída de la tensión de alimentación externa de los equipos (proviene de la red de distribución pública), se asegurará una autonomía mínima especificada en los requisitos para que el sistema permanezca en funcionamiento hasta la reparación de la tensión externa.
- **Capacidad de la red de Transporte SDH:** se hace referencia a la velocidad mínima de transmisión de la trama SDH, que debe de contener los servicios básicos del aeropuerto y su capacidad para albergar nuevos servicios futuros.
- **Capacidad del Medio de Transmisión:** es la capacidad de transporte de datos del medio de transporte, en este caso se usa fibra óptica.
- **Balance de Potencia Óptica:** se trata de realizar un balance de las pérdidas de potencia, cuando se transmiten los datos por la fibra óptica.

#### 3.3.1 AUTONOMÍA DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La autonomía del sistema de alimentación o energía hace referencia a la cantidad de tiempo adicional por el que los equipos continuarán funcionando tras una caída de la alimentación principal externa del emplazamiento. Dicho funcionamiento se asegurará con un sistema de baterías que se ajusta a las características eléctricas de dichos equipos.

A partir de los requisitos técnicos del cliente se debe asegurar que los equipos de la red SDH se mantendrán activos durante un periodo superior a cuatro horas. Dichos equipos son los multiplexores MP4100 en cada emplazamiento y para los cálculos se necesita el consumo de potencia máximo especificado por el fabricante cuando trabaja a máximo rendimiento.

Dado que el sistema de rectificadores AC/DC usado trabaja a -48 Vdc, las baterías deben de ser capaces de suministrar esa tensión con la corriente por hora (Ah) suficiente durante un tiempo superior a 4 horas.

Además hay que tener en cuenta, que mientras el equipo rectificador se mantenga en funcionamiento, las baterías están consumiendo corriente para mantenerse completamente cargadas y éste valor es en torno a un 10% del amperaje por hora de las baterías, según datos del fabricante.

| EMPLAZAMIENTO | MULTIPLEXORES MP4100 |                  |             | CARGA<br>BATERIAS<br>(W/h) | TOTAL<br>(W/h) | AUTONOMÍA<br>BATERIAS<br>(HORAS) |
|---------------|----------------------|------------------|-------------|----------------------------|----------------|----------------------------------|
|               | UD                   | INDIVIDUAL (W/h) | TOTAL (W/h) |                            |                |                                  |
| TWR           | 1                    | 315              | 315         | 264                        | 579            | 4,56                             |
| CETWR         | 1                    | 315              | 315         | 264                        | 579            | 4,56                             |
| LOC           | 1                    | 315              | 315         | 264                        | 579            | 4,56                             |
| DVOR          | 1                    | 315              | 315         | 264                        | 579            | 4,56                             |
| GP            | 1                    | 315              | 315         | 264                        | 579            | 4,56                             |

Tabla 3.4. Cálculos de la autonomía del Sistema de Energía

La opción más cercana en términos de costes y con la que se asegura la autonomía deseada por el cliente es el uso de un conjunto de baterías compuesto por 4 monoblocks de 12Vdc de 55 Ah, con las que se obtiene una *autonomía por emplazamiento de 4.56 horas*, cuando los equipos trabajen a máximo rendimiento y siendo mayor en condiciones normales.

### 3.3.2 CAPACIDAD DE LA RED DE TRANSPORTE SDH

La red de transporte de servicios principales del aeropuerto está formada por una trama STM-1 entre todos los emplazamientos del aeropuerto, según los requisitos solicitados por el cliente y por lo tanto esta debe de ser la capacidad mínima que se instale. Se deben de analizar los cálculos necesarios entre las capacidades de las tramas a diferentes niveles PDH y SDH. Para un correcto entendimiento de los resultados, a continuación se encuentra una tabla con los valores teóricos necesarios:

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Capacidad de un Servicio (kbps) | 64     |
| Capacidad Neta de un E1 (kbps)  | 1920   |
| Capacidad Total de un E1 (kbps) | 2048   |
| Capacidad de un STM-1 (kbps)    | 155336 |
| Capacidad de un STM-1 (E1s)     | 63     |

Tabla 3.5. Capacidades Teóricas de las Tramas Básicas

Los cálculos de la ocupación de las tramas para las diferentes capacidades son:

- **la capacidad de E1s en la trama STM-1.** Una trama STM-1 se compone por 63 E1s, cada E1 se puede configurar entre dos emplazamientos diferentes.

| Capacidad de E1s en STM-1 |       | Audio E&M | Telefonía | Datos | E1s | % de Mejora |
|---------------------------|-------|-----------|-----------|-------|-----|-------------|
| TWR                       | CETWR | 6         | 1         | 2     | 1   | 98,41%      |
| TWR                       | LOC   | 1         | 1         | 2     | 1   | 98,41%      |
| TWR                       | DVOR  | 1         | 1         | 2     | 1   | 98,41%      |
| TWR                       | GP    | 1         | 1         | 2     | 1   | 98,41%      |
| LOC                       | GP    | 1         | 0         | 0     | 1   | 98,41%      |
| Total                     |       |           |           |       | 5   | 92,06%      |

Tabla 3.6. Cálculo de capacidad de E1s en una trama STM-1.

- **La capacidad de servicios de 64 kbps en la trama E1.** Una trama E1 se compone por 32 *time slots* de los cuales se pueden usar 30 para insertar servicios entre dos emplazamientos. En la siguiente tabla se observa un análisis de estas capacidades entre

| Capacidad de Servicios en E1 |       | Audio E&M | Telefonía | Datos | Capacidad en E1 (kbps) | % de Mejora |
|------------------------------|-------|-----------|-----------|-------|------------------------|-------------|
| TWR                          | CETWR | 6         | 1         | 2     | 576                    | 70,00%      |
| TWR                          | LOC   | 1         | 1         | 2     | 256                    | 86,67%      |
| TWR                          | DVOR  | 1         | 1         | 2     | 256                    | 86,67%      |
| TWR                          | GP    | 1         | 1         | 2     | 256                    | 86,67%      |
| LOC                          | GP    | 1         | 0         | 0     | 64                     | 96,67%      |

Tabla 3.7. Cálculo de capacidad de servicios en una trama E1.

- **la capacidad de servicios de 64 kbps en la trama STM-1.** Una trama STM-1 se compone por 63 E1s, cada E1 por hasta 30 servicios.

| Capacidad de Servicios en STM-1 |       | Audio E&M | Telefonía | Datos | Capacidad en E1 (kbps) | % de Mejora |
|---------------------------------|-------|-----------|-----------|-------|------------------------|-------------|
| TWR                             | CETWR | 7         | 2         | 0     | 576                    | 99,63%      |
| TWR                             | LOC   | 2         | 2         | 0     | 256                    | 99,84%      |
| TWR                             | DVOR  | 2         | 2         | 0     | 256                    | 99,84%      |
| TWR                             | GP    | 2         | 2         | 0     | 256                    | 99,84%      |
| LOC                             | GP    | 1         | 0         | 1     | 64                     | 99,96%      |
| Total                           |       |           |           |       | 1408                   | 99,09%      |

Tabla 3.8. Cálculo de capacidad de servicios de 64 kbps en una trama STM-1.

Analizando los servicios que circularán por esta red y comparándolos con la capacidad mínima de la trama STM-1, se puede observar que es suficiente para albergar todos los servicios y además disponer de un amplio margen para posibles necesidades de comunicaciones entre emplazamientos. Todos los márgenes de mejora de las capacidades superan, en todos los casos, el **90% de espacio disponible** para incluir nuevos servicios en el futuro.

### 3.3.3 CAPACIDAD DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN

El medio de transmisión elegido es la fibra óptica monomodo. Según los requisitos del cliente (creación de un doble sistema de comunicaciones en anillo) y las necesidades de los equipos (dos fibras ópticas para la creación de un anillo en cada equipo), se hacen necesarias un mínimo de cuatro (4) fibras ópticas entre cada emplazamiento.

Por ello se ha decidido instalar un cable de 24 *fibras ópticas* (**un 83,33% de mayor capacidad con respecto a lo solicitado**), con suficiente margen para sucesivas ampliaciones o necesidades del sistema.



### 3.3.4 BALANCE DE POTENCIA OPTICA

El balance de potencia óptica corresponde al cálculo de potencia expresado en decibelios (dB) disponible entre el equipo óptico transmisor de origen y el equipo óptico receptor de destino. Se puede expresar como la diferencia de potencia óptica entre la mínima potencia transmitida por el transmisor óptico y la mínima potencia óptica de recepción necesaria para asegurar una tasa de error inferior a  $10^{-10}$ .

Se ha considerado usar el interfaz óptico SFP-2 del equipo Megaplex-4100, como se puede observar en las hojas de especificaciones del fabricante [12] tiene las siguientes características de potencia óptica:

| Módulo | Transmisor [nm] | Conector | F.O.           | Sensibilidad del Receptor [dBm] |       | Potencia de Salida Típica [dBm] |       | Rango Típico (km) |
|--------|-----------------|----------|----------------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|-------------------|
|        |                 |          |                | (min)                           | (máx) | (min)                           | (máx) |                   |
| SFP-2  | Laser, 1310     | LC       | 9/125 Monomodo | -28                             | -8    | -15                             | -8    | 9,3               |

Tabla 3.9. Características ópticas del módulo de fibra óptica SFP-2

A continuación se realizan los cálculos del balance de potencia óptica para un enlace de forma general, siendo aplicables a todos los tramos entre los emplazamientos debido al uso de los mismos equipos, conectores y fibra óptica.

| Datos             | Descripción                    | Fórmula                               | Valor   |
|-------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------|
| Transmisor Óptico | Potencia Máxima                | $P_{t_{max}}$                         | -8 dBm  |
|                   | Potencia Mínima                | $P_{t_{min}}$                         | -15 dBm |
| Receptor Óptico   | Potencia Máxima                | $P_{r_{max}}$                         | -8 dBm  |
|                   | Potencia Mínima (Sensibilidad) | $P_{r_{min}} = S$                     | -28 dBm |
| Otros             | Penalización por imprecisiones | $P_{en}$                              | 1 dB    |
| Balance Óptico    | Balance óptico mínimo          | $P_{min} = P_{t_{min}} - P_{en} - S$  | 12 dBm  |
|                   | Balance óptico máximo          | $P_{max} = P_{t_{max}} - P_{r_{max}}$ | 0 dBm   |
|                   | Margen de Desvanecimiento      | $M = P_{min} - P_{max}$               | 12 dB   |

Tabla 3.10. Balance de potencia óptica

De este balance de potencia se obtienen varias conclusiones:

- El valor de balance de potencia máximo ( $P_{\max}$ ) es 0 dBm. Por lo tanto no es necesario poner ningún atenuador entre el transmisor y el receptor (para evitar la ruptura del equipo receptor) ya que la máxima potencia de transmisor coincide con la máxima potencia permisible en el receptor. En cualquier caso como siempre hay algún tipo de pérdidas, debido al menos, a los conectores la potencia de recepción siempre será inferior al máximo valor de potencia de recepción (-8 dBm).
- Se puede observar que la máxima atenuación admisible entre el transmisor y el receptor, o lo que es lo mismo, que la diferencia de potencia enviada frente a recibida puede ser de hasta 12 dBm.

#### 3.3.4.1 CÁLCULO DE DISTANCIA MÁXIMA PARA EL MARGEN DE DESVANECIMIENTO

La máxima atenuación entre el transmisor y el receptor (o balance mínimo de potencia) se calcula mediante la siguiente fórmula general, según la referencia [W19]:

$$A = P_c \cdot n + (P_e + P_r + a) \cdot L_{\max} \quad (1)$$

Donde las correspondencias entre las variables y su significado son las siguientes:

- **$P_c$  (dB):** hace referencia a las *pérdidas por conectores en los latiguillos* y son de 0.5 dB por conector.
- **$n$  (ud):** es el *número de conectores* (cuatro en total para cada enlace).
- **$P_e$  (dB/km):** es el valor de las *pérdidas por la realización de empalmes* y es de 0.02 dB/km.
- **$P_r$  (dB/km):** se corresponde con las *pérdidas por reparación del cable*, aproximadamente de 0.01 dB/km.
- **$a$  (dB/km):** es la *atenuación del cable* de fibra óptica, que según el fabricante es de 0.36 dB/km para longitud de onda de 1310 nm.
- **$L_{\max}$  (km):** es el valor de la *longitud máxima del enlace* de fibra óptica, dato que se desea calcular.

Sustituyendo los valores anteriores en la fórmula de atenuación, obtenemos un valor general máximo de longitud del enlace de:

$$12 \text{ dB} = 0.5 \cdot 4 + (0.02 + 0.01 + 0.36) \cdot L_{\max}$$
$$L_{\max} = 25.64 \text{ km}$$

Según los cálculos teóricos, **la longitud máxima para un enlace es de 25.64 km**. Este valor es superior a la máxima longitud de cualquiera de los enlaces entre cualquier par de emplazamientos así que no es necesario ningún tipo de amplificador o regenerador de señal óptica.

### 3.3.4.2 CÁLCULO DE ATENUACIÓN POR ENLACE

A continuación, se muestra una tabla con los valores reales de cada uno de los enlaces objetos de este proyecto. Sustituyendo dichos datos en la fórmula de balance de potencia:

$$A = P_c \cdot n + (P_e + P_r + a) \cdot L_{max}$$

$$A_1 = 0.5 \cdot 4 + (0.02 + 0.01 + 0.36) \cdot 1500 = 2,099 \text{ dB}$$

$$A_2 = 0.5 \cdot 4 + (0.02 + 0.01 + 0.36) \cdot 1600 = 2,056 \text{ dB}$$

$$A_3 = 0.5 \cdot 4 + (0.02 + 0.01 + 0.36) \cdot 2500 = 2,165 \text{ dB}$$

$$A_4 = 0.5 \cdot 4 + (0.02 + 0.01 + 0.36) \cdot 1400 = 2,092 \text{ dB}$$

$$A_5 = 0.5 \cdot 4 + (0.02 + 0.01 + 0.36) \cdot 2200 = 2,145 \text{ dB}$$

| Tramo    | Longitud del enlace | Atenuación |
|----------|---------------------|------------|
| TWR-CTx  | 1500 m              | 2,099 dB   |
| CTx-LOC  | 1600 m              | 2,056 dB   |
| LOC-DVOR | 2500 m              | 2,165 dB   |
| DVOR-GP  | 1400 m              | 2,092 dB   |
| GP-TWR   | 2200 m              | 2,145 dB   |

Tabla 3.11. Atenuación de la fibra óptica por enlaces

Se puede observar que el valor de atenuación de cada uno de los enlaces, no supera los 12 dB del margen de desvanecimiento, por tanto, la señal recibida en cada caso será de buena calidad.

### 3.3.4.3 CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE ERROR POR ENLACE

A continuación, se encuentran los cálculos necesarios para la obtención de la probabilidad de error, de ahora en adelante BER, de cada enlace.

El BER se define como la probabilidad de error para un margen de desvanecimiento o relación de señal a ruido máximo. La fórmula correspondiente es la que se muestra a continuación, según la referencia [W19]

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{Q}{\sqrt{2}} \right) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} \right) \quad (2)$$

Donde la relación señal a ruido se corresponde a S/N, y el factor de calidad, Q, es:

$$Q = \sqrt{\frac{S}{N}} \quad (3)$$

Por otro lado, la función de error complementaria  $\operatorname{erfc}(x)$  es:

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x) \quad (4)$$

Donde  $erf(x)$  es la función de error:

$$erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad (5)$$

Sustituyendo las ecuaciones (3), (4) y (5) en (2), y los valores de atenuación de cada enlace por la relación señal a ruido, S/N, obtenemos los siguientes valores de probabilidad de error, que se muestran en la siguiente tabla:

| Tramo    | Longitud del enlace | Atenuación | Probabilidad de error |
|----------|---------------------|------------|-----------------------|
| TWR-CTx  | 1500 m              | 2,099 dB   | $< 10^{-9}$           |
| CTx-LOC  | 1600 m              | 2,056 dB   | $< 10^{-9}$           |
| LOC-DVOR | 2500 m              | 2,165 dB   | $< 10^{-9}$           |
| DVOR-GP  | 1400 m              | 2,092 dB   | $< 10^{-9}$           |
| GP-TWR   | 2200 m              | 2,145 dB   | $< 10^{-9}$           |

Tabla 3.12. Probabilidad de error la fibra óptica por enlaces

Según los resultados obtenidos, se puede llegar a la conclusión que las probabilidades de error son casi despreciables (inferiores a  $10^{-9}$ ).

### 3.4 LOGÍSTICA

Derivadas de la instalación surgen unas necesidades adicionales para asegurar el mantenimiento y operación del sistema durante su ciclo de vida. Por ello, en este apartado se hace referencia a la cantidad de repuestos a entregar, la documentación final con toda la información del sistema, así como la formación teórica y práctica a recibir por los usuarios del sistema.

#### 3.4.1 REPUESTOS

Los repuestos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento y la adecuada operación de la instalación (equipos pertenecientes a los anillos SDH e IP) durante el plazo especificado en los requisitos iniciales del cliente.

##### 3.4.1.1 CÁLCULO DE REPUESTOS

El cálculo de repuestos se realiza teniendo en cuenta la tasa de fallo de cada tarjeta y el tiempo medio de reparación según el fabricante (3 meses). También se ha tenido en cuenta la probabilidad de fin de las existencias del conjunto de recambios calculada para una probabilidad de 5%.

La distribución de las averías sigue en el tiempo una ley de Poisson. El objetivo es determinar la cantidad de repuestos necesarios para no producirse fin de las existencias. Se dispone de un almacén compuesto de  $Q$  elementos con cada uno, una densidad de fallo de  $\lambda$  averías por hora.

Sea MTTR, el tiempo medio de reparación de un equipo o tarjeta. La variable  $x = Q \cdot \lambda \cdot MTTR$  representa el número medio de averías (distribuidas según una ley de Poisson) que se pueden producir durante el tiempo de la reparación. En estas condiciones, la función, según la referencia [W20], es:

$$P(n, x) = e^{-x} \left( 1 + x + \frac{x^2}{2} + \dots + \frac{x^n}{n!} \right) = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{x^i}{i!} e^{-x} \quad (6)$$

$$P(n, x) = \frac{x^n}{n!} e^{-x} \quad (7)$$

representa la probabilidad para que un segmento (igual al MTTR), que recibe de media  $x$  puntos, reciba  $n$  puntos o menos de  $n$  puntos. Esta definición es la de la función de distribución de la ley de Poisson. Si buscamos el valor de  $n$ , número real de averías, para el cual  $P(n, x)$  vale  $1-r$ , tendremos entonces una probabilidad  $r$  de sufrir un fin de existencias. Usando  $r=0,01$ , MTTR= 3 meses y el tiempo medio entre fallos, MTBF =  $1/\lambda$ , se puede calcular el número de repuestos necesarios para no romper el stock de repuestos de la siguiente forma:

$$Repuestos = 1 + entero \times (Num. equipos * \frac{MTTR}{MTBF equipo} + C * \sqrt{Num. equipos * \frac{MTTR}{MTBF equipo}}) \quad (8)$$

Donde el MTTR y el MTBF deben estar en las mismas unidades entre sí (meses o años). Donde 'C' probabilidad de fin de las existencias, toma los siguientes valores en función de la probabilidad de ruptura del stock de repuestos:

| "r" | C    |
|-----|------|
| 1%  | 2,33 |
| 2%  | 1,72 |
| 5%  | 1,66 |

Tabla 3.13. Valores del parámetro 'C' (probabilidad de fin de las existencias)

Aplicando la fórmula de la cantidad de repuestos con un valor de  $r=5\%$  se obtienen los valores del número de recambios necesarios para cada equipo o tarjeta siendo posible establecer un punto único de almacenamiento para todo el complejo aeroportuario.

En la siguiente tabla se muestra el número de repuestos calculados, teniendo en cuenta el MTBF, valor dado por el fabricante, y  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (9)$$

| Subconjunto  | Descripción Tarjeta             | MTBF<br>(años) | $\lambda$ ( $10^{-9}/h$ ) | TWR | CTx | LOC | DVOR | GP | Nº<br>Total | Repuestos      |
|--------------|---------------------------------|----------------|---------------------------|-----|-----|-----|------|----|-------------|----------------|
| Servicios    | PS/48                           | 32,8           | 3480,43                   | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 10          | 1              |
|              | CL/2XSFP2                       | 21,6           | 5280,70                   | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 10          | 1              |
|              | VC-8 / E&M                      | 13,4           | 8519,19                   | 2   | 1   | 1   | 1    | 1  | 6           | 1              |
|              | VC-8 / FXS                      | 27,7           | 4116,16                   | -   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5           | 1              |
|              | VC-8 / FXO                      | 12,7           | 8986,34                   | 1   | -   | -   | -    | -  | 1           | 1              |
|              | HS-6N / V35                     | 91,8           | 1243,00                   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5           | 1              |
|              | HS-RN / V110                    | 118,8          | 960,64                    | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5           | 1              |
| Alimentación | Rectificador XPGe12.48          | 22,8           | 5000,00                   | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 10          | 1              |
|              | Módulo Supervisión ACC          | 22,8           | 5000,00                   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5           | 1              |
| Supervisión  | Switch Cisco Catalyst 2960 TC-S | 16,2           | 2943,40                   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5           | 1              |
|              | Teléfono IP Cisco 501G          | 16,2           | 2943,40                   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5           | 1              |
| Varios       | Latiguillo duplex FC/PC-LC/PC   | -              | -                         | 4   | 4   | 4   | 4    | 4  | -           | 5 <sup>8</sup> |

Tabla 3.14. Tabla de repuestos totales en función del total de unidades

En la realización del cálculo no se han contabilizado algunos equipos por diversas causas que hacen que no sean necesarios los repuestos, como por ejemplo:

- En los requisitos del cliente se desea garantizar la interconectividad del sistema SDH (multiplexores) e IP (switches). De esta manera, el router/centralita Cisco UC540 solo añade funcionalidades de enrutamiento, para conectividad a otras redes y no es necesaria la entrega de repuestos. Por las mismas razones, el servidor y sus equipos complementarios están exentos de necesitar repuestos. Existiendo siempre una línea de comunicación con los diferentes servicios técnicos para la reparación en caso de ser necesario.
- En las especificaciones técnicas de las baterías, se expresa que la duración oscila entre 10 y 12 años, cantidad de tiempo mayor de la que se solicita en los requisitos.

### 3.4.2 FORMACIÓN

El objetivo principal de la formación es garantizar una base mínima de conocimientos técnicos que permita al usuario final del sistema de comunicaciones, la correcta configuración y mantenimiento del equipamiento así como ser capaz de dar solución a los posibles problemas que se planteen.

La realización de los cursos formación se basan en las recomendaciones [23] del organismo Eurocontrol y [24] de OACI, para adiestramiento del personal gestor de equipos de Navegación Aérea

El curso de formación que se impartirá se compondrá por dos cursos avanzados e idénticos de cinco días, tratando de cubrir todos los turnos de personal disponibles. El temario abarcará

<sup>8</sup> Para el caso de los latiguillos de fibra no se dispone MTBF, por tanto, se suministrará un recambio por cada emplazamiento.

todos los equipos de comunicaciones, alimentación y supervisión, con los protocolos utilizados, interfaces suministrados y fundamentos teóricos aplicados.

La relación teórico-práctica de los cursos tenderá a ser 40%-60%, siendo necesaria una documentación mínima entregada al principio de los cursos y se utilizarán los medios necesarios (diapositivas, proyectores...) para llevar a cabo la formación con la mayor calidad posible.

Cada jornada de acción formativa, se pasará una hoja para el control de la asistencia en donde figurará, Denominación del curso, Fechas de celebración, Fecha del día actual y Nombre, apellidos, DNI y firma.

Al finalizar el curso se entregará un diploma acreditativo, a las personas que lo haya seguido el curso con al menos un 75% de las horas de formación, y tras superar con éxito una prueba de conocimientos adquiridos.

#### 3.4.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los cursos de formación se plantean en unas condiciones comunes y afines a los requisitos del cliente. Se da por supuesto que el usuario final y receptor de la formación está familiarizado con las tecnologías implantadas y el período de adaptación a la nueva información se considera breve.

Las características principales de los cursos que se darán, serán:

- **Objetivos:** El usuario final de los cursos será capaz de:
  - Configurar los equipos o sistemas de comunicaciones para aplicar los procedimientos de seguridad adecuados (acceso, suministro de energía, etc.).
  - Operar los equipos correctamente, llevando a cabo tareas de gestión y supervisión adecuadas.
  - Manejar con soltura los manuales técnicos aplicables.
  - Identificar los fallos del sistema o módulos defectuosos de los equipos, conocer sus consecuencias y tomar las medidas correctivas precisas.
- **Estructura:** Dentro del curso se distinguirán dos fases:
  - Teórica (2 días): formación técnica sobre las tecnologías empleadas
  - Práctica (3 días): formación específica en los equipos de comunicaciones y demás sistemas instalados (alimentación, servicios, supervisión) y su correcta manipulación.
- **Idioma:** Todos los cursos serán impartidos en español.
- **Lugar:** Los cursos se impartirán en el aula de formación así como en las salas técnicas de los propios emplazamientos del aeropuerto.
- **Temario:** El temario del curso que se seguirá, es el siguiente:
  - Tema 1: Introducción y generalidades del sistema de comunicaciones.
  - Tema 2: Sistema SDH. Arquitectura, equipos de acceso/transporte, protecciones, puertos, servicios, cableado.

- Tema 3: Sistema IP. Arquitectura, tecnología de conmutación, equipos, puertos, servicios, cableado y telefonía.
  - Tema 4: Sistema de Alimentación. Rectificadores conversores, Baterías.
  - Tema 5: Sistema de Gestión, Supervisión y Control. Alarmas, eventos, edición y configuración de los equipos.
- **Documentación**: La impartición de los cursos lleva incluida la preparación y entrega a los alumnos de la documentación correspondiente del curso.
  - **Profesorado**: El profesorado encargado de la impartición de los cursos estará certificado oficialmente en el uso y manipulación de todos los equipos.

### 3.4.3 DOCUMENTACIÓN

#### 3.4.3.1 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

La documentación técnica que se entregará está compuesta por todos y cada uno de los subsistemas, equipos y unidades integrantes del sistema de comunicaciones y contiene las especificaciones de los sistemas y equipos instalados en el presente proyecto. Las características de la documentación que se entregarán son los siguientes:

- Descripción general de la arquitectura del sistema junto con las características técnicas de los equipos.
- Diagramas de conexiones internas y externas desde los cuales se puedan seguir los recorridos de los cables, adecuadamente etiquetados, y los servicios que soporta cada uno.
- Listado completo de las aplicaciones software suministrado, incluyendo su nombre, descripción, versión, fecha de disponibilidad, fecha de finalización del soporte por el fabricante y número de licencias con todos sus parámetros.
- Documentación de la configuración de los equipos.

De la configuración final del sistema se hace entrega de un DVD que recoge los archivos de configuración de los sistemas de supervisión, de forma que en caso de catástrofe pueda recuperarse.

### 3.5 PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL PROYECTO

La planificación y gestión de un proyecto de gran envergadura es una necesidad de cara a cumplir con los plazos y objetivos requeridos por el cliente, así como a adelantarse a posibles problemas que puedan surgir durante todo el proyecto. En este apartado se presentan las líneas a seguir del Plan General así como los informes de seguimiento.



### 3.5.1 PLAN GENERAL

El Plan General del Proyecto es una representación temporal de las fases de un proyecto, su duración y dependencias entre tareas. Se suele representar con diagramas de Gantt y en concreto contiene:

- Desglose y descripción de las etapas del proyecto.
- Actividades de planificación y gestión.
- Tareas asociadas al suministro e instalación de equipos.
- Verificación del suministro.
- Gestión y control del proyecto.
- Configuración, pruebas y documentación.
- Puesta a punto y soporte a la explotación.
- Entrega del sistema en completo funcionamiento.

En el “*Anexo A: Plan General del Proyecto*” de la presente memoria, se pueden observar los tiempos planificados y las dependencias entre tareas para el desarrollo del proyecto.

### 3.5.2 INFORMES DE SEGUIMIENTO DE PROYECTO

La comunicación entre las partes implicadas del proyecto es fundamental para el correcto funcionamiento del mismo. Por ello se hace necesaria la realización de reuniones periódicas con carácter general, para la información y avance sobre el estado del Proyecto.

Los objetivos que se pretenden con estos Informes de seguimiento son:

- Conocer el estado real del Proyecto respecto a la planificación, especialmente las actividades concluidas, validadas, en fase de ejecución y previstas.
- Determinar el estado de la gestión económica.
- Definir, evaluar y planificar las acciones orientadas a la disminución de riesgos.

En el “*Anexo A: Plan General del Proyecto*” de la presente memoria, se pueden observar los tiempos planificados y las dependencias entre tareas para el desarrollo del proyecto.

### 3.6 RELACIÓN DE MATERIAL A SUMINISTRAR

A modo de resumen se incluye una tabla de la relación del material a suministrar para la realización completa del sistema de comunicaciones. El equipamiento incluido en el proyecto por cada emplazamiento es el siguiente:

|                                 | TWR | CTX | LOC | DVOR | GP | TOTAL | REPUESTOS |
|---------------------------------|-----|-----|-----|------|----|-------|-----------|
| <b>GENERAL</b>                  |     |     |     |      |    |       |           |
| Rack 42U                        | 1   | -   | -   | -    | -  | 1     | -         |
| Rack 31U                        | -   | 1   | 1   | 1    | 1  | 4     | -         |
| Bandeja de fibra óptica         | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 10    | -         |
| Bandeja de teclado y ratón      | 1   | -   | -   | -    | -  | 1     | -         |
| <b>ALIMENTACIÓN</b>             |     |     |     |      |    |       |           |
| PowerOne Aspiro AF              | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5     | -         |
| Rectificadores XPGe12.48        | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 10    | 1         |
| Modulo Supervisión ACC          | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5     | 1         |
| Batería SPB 12-55               | 4   | 4   | 4   | 4    | 4  | 20    | -         |
| <b>ADM</b>                      |     |     |     |      |    |       |           |
| RAD Megaplex4100                | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5     | -         |
| PS/48                           | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 10    | 1         |
| CL/2 - SFP2                     | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 10    | 1         |
| VC8 E&M                         | 2   | 1   | 1   | 1    | 1  | 6     | 1         |
| VC8 FXO                         | 1   | -   | -   | -    | -  | 1     | 1         |
| VC8 FXS                         | -   | 1   | 1   | 1    | 1  | 4     | 1         |
| HS-RN                           | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5     | 1         |
| HS-6N                           | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5     | 1         |
| <b>RED</b>                      |     |     |     |      |    |       |           |
| Cisco UC540                     | 1   | -   | -   | -    | -  | 1     | -         |
| Switch Cisco Catalyst 2960 TC-S | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5     | 1         |
| Teléfono IP Cisco SPA 501G      | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 5     | 1         |
| <b>SUPERVISIÓN</b>              |     |     |     |      |    |       |           |
| Servidor DELL Poweredge R210    | 1   | -   | -   | -    | -  | 1     | -         |
| Monitor DELL E1713S             | 1   | -   | -   | -    | -  | 1     | -         |
| Teclado y Ratón DELL            | 1   | -   | -   | -    | -  | 1     | -         |
| Portátil DELL Inspiron 15z      | 1   | -   | -   | -    | -  | 1     | -         |

Tabla 3.15. Equipamiento del proyecto por cada nodo.

# Capítulo 4

## Pruebas y Resultados

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## 4.- PRUEBAS Y RESULTADOS

### 4.1 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA

Las pruebas de verificación que se aplican a equipos y a sistemas e instalaciones deben de confirmar la correcta instalación y configuración de los mismos. Con ellas se garantiza que se cumplen los requisitos de calidad, operatividad y fiabilidad del cliente.

Para ello se realizan un conjunto de pruebas en dos ambientes:

- **Pruebas de verificación en fábrica:** este tipo de pruebas se denominan “Pruebas FAT” (*Factory Acceptance Test*) y se llevan a cabo en las instalaciones del fabricante de los equipos, donde se pasan los controles de calidad estándares y propios.
- **Pruebas de verificación en el emplazamiento:** estas pruebas se conocen con el nombre de “Pruebas SAT” (*Scholastic Assessment Test*) y se comprueba calidad de la instalación, la operatividad de los equipos e instalaciones del suministro y los niveles de servicio correspondientes.

#### 4.1.1 PRUEBAS FAT

Las Pruebas de Aceptación de Fábrica (FAT) hacen referencia a una batería de pruebas que realiza el fabricante antes de que el equipo o sistema salga a la venta. Con ellas se pretende demostrar que se cumplen unos mínimos valores de aceptación y cumplimiento de las normativas y de los estándares para los que se diseñaron los equipos.

Estas normativas de comunicaciones tratan diversos apartados de muchas naturalezas, desde calidad de los componentes utilizados, niveles de tensión en los circuitos, ciclo de vida de los equipos hasta funcionalidades dependiendo de la arquitectura utilizada. Se incluyen como parte de la documentación que entrega el fabricante antes de instalar el equipo.

#### 4.1.2 PRUEBAS SAT

Las Pruebas de Evaluación de Funcional (SAT) se realizan cuando se encuentra finalizada la instalación del equipamiento en los emplazamientos. Con ellas se trata de asegurar que los parámetros de fábrica confirmados con las pruebas FAT, siguen intactos después de la manipulación, traslado e instalación de los equipos.

Para asegurar las funcionalidades del sistema instalado se realizan tres tipos de pruebas, ajustándose a los sistemas instalados como son las Pruebas de Energía, de Transmisión y de Supervisión. A continuación se explican los detalles de las mismas, así como un ejemplo de las tablas u hojas de pruebas donde se apuntan los resultados de las mismas. Estas tablas tienen los parámetros a medir así como los márgenes máximo y mínimo de cada valor.

#### 4.1.2.1 PRUEBAS DEL SISTEMA DE ENERGÍA

Las pruebas de energía se diseñan para asegurar la estabilidad y fiabilidad de la alimentación eléctrica de los equipos en funcionamiento. En el presente proyecto se usan dos tipos de tensiones (220 Vac y -48 Vcc ) y se realizarán las siguientes pruebas:

- **Tensión de entrada Alterna de 220 Vac:** para dar energía a los switches, a los rectificadores de tensión, al router y a los teléfonos IP.
- **Tensión de entrada Continua de -48Vdc:** sirve para poner en servicio los equipos multiplexores que trabajan a esta tensión (se obtiene del rectificador conversor de tensión), y la carga de las baterías.
- **Caída de tensión:** entrada en funcionamiento de las baterías en el caso de corte de la red eléctrica de tensión alterna.

La realización de estas pruebas es sencilla y tan sólo se requiere un equipo medidor de tensión, como puede ser un polímetro y realizar las medidas de tensión en los extremos de los cables, siempre a la entrada de los equipos.

#### 4.1.2.2 PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Las pruebas de transmisión se diseñan para asegurar en envío correcto de información entre los diferentes equipos que forman parte de la red SDH y de la red IP.

De esta forma se hace necesario realizar dos tipos de pruebas:

- **Pruebas de funcionalidad de la red SDH:** dependiendo de los equipos instalados y de la arquitectura configurada, se evalúan unas pruebas u otras. En nuestro caso se dispone de multiplexores ADM conectados en anillo, por lo que será necesario asegurar que funciona la redundancia de caminos.

Para ello, con el anillo SDH ya instalado y completamente operativo, se configuran servicios entre dos emplazamientos y se verifica que el servicio está activo. Luego se corta la comunicación por el camino principal de fibra óptica y se verifica que el servicio sigue disponible por el otro camino de fibra óptica.

Para generar un servicio es necesario disponer de un equipo de medida capaz de generar información de diferente naturaleza, como es el audio a 2 hilos, audio a 4 hilos con una impedancia de 600Ω, datos de baja velocidad RS-232 y datos de alta velocidad V35. Con ello probaríamos todos los tributarios, generando una señal básica en un extremo de la red y comprobando su transmisión por el sistema, midiendo en otro emplazamiento.

También es necesario verificar la conectividad Ethernet (mediante conectividad '*ping*' con un pc servidor), así como que todas las interfaces instaladas (tarjetas de diferentes servicios) funcionan perfectamente.

- **Pruebas de funcionalidad de la red IP:** las pruebas de funcionalidad de la red IP son bastante sencillas y tan sólo se requiere una comprobación de conectividad IP (mediante '*ping*' con un pc servidor).

También es importante verificar que el sistema instalado dispone de la redundancia de caminos mediante la configuración del protocolo STP en todos los equipos. Para ello, con el anillo IP ya instalado y completamente operativo, se verifica la conectividad IP entre un pc y un equipo de la red. Luego se corta la comunicación por el camino principal de fibra óptica y se verifica si la conectividad IP sigue disponible por el otro camino de fibra óptica.

#### **4.1.2.3 PRUEBAS DE SUPERVISIÓN**

Las pruebas de transmisión se diseñan para asegurar el envío correcto de información entre los diferentes equipos que forman parte de la red SDH y de la red IP.

Existen dos sistemas de supervisión que se instalan en el PC servidor principal.

- El software de supervisión de los multiplexores se llama RADview-EMS y es necesario comprobar si aparecen correctamente las alarmas en tiempo real de un equipo ADM. Para ello se provocan alarmas de diferente naturaleza en el propio equipo (se quitan servicios agregados o se desconecta el cable de la interfaz ETH entre otros) y se verifica si su gravedad, intencionadamente así elegida, se manifiesta en tiempo real en el software. Existen cinco niveles de prioridad a verificar (alarma crítica, alarma mayor, alarma menor, evento y normal).
- El software de supervisión de los sistemas de alimentación se denomina PowCom y tan sólo dispone de tres prioridades (alarma mayor, alarma menor y normal). De la misma forma, se hace necesario provocar alarmas de forma intencionada para verificar su gravedad (como puede ser la desconexión de uno de los rectificadores o la desconexión de las baterías).

#### **4.1.2.4 PRUEBAS DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN**

Las pruebas del medio de transmisión utilizado, la fibra óptica, requieren el uso de equipamiento muy preciso como es el OTDR (Reflectómetro Óptico en el Dominio Temporal). Este instrumento se encarga de realizar medidas de atenuación y eventos en una fibra óptica monomodo o multimodo mediante la inyección de un haz de luz láser y el análisis de potencia recibida y reflejada.

La realización de las medidas requiere la conexión del equipo OTDR a una bobina de fibra óptica atenuadora (normalmente de 1000 metros), para evitar problemas en los equipos intermedios mediante una atenuación inicial. La medida que se realiza con el equipo se puede detectar eventos de diferente naturaleza, ya sean conectores de bandejas ODF, empalmes de fibra óptica, pliegues o curvaturas, así como tramos lineales en los que se puede comprobar la atenuación por kilómetro característica de la fibra (pendiente de la recta).

A continuación se muestra una figura de un ejemplo de una gráfica de medida reflectométrica y las identificaciones de los eventos característicos de dicha gráfica:

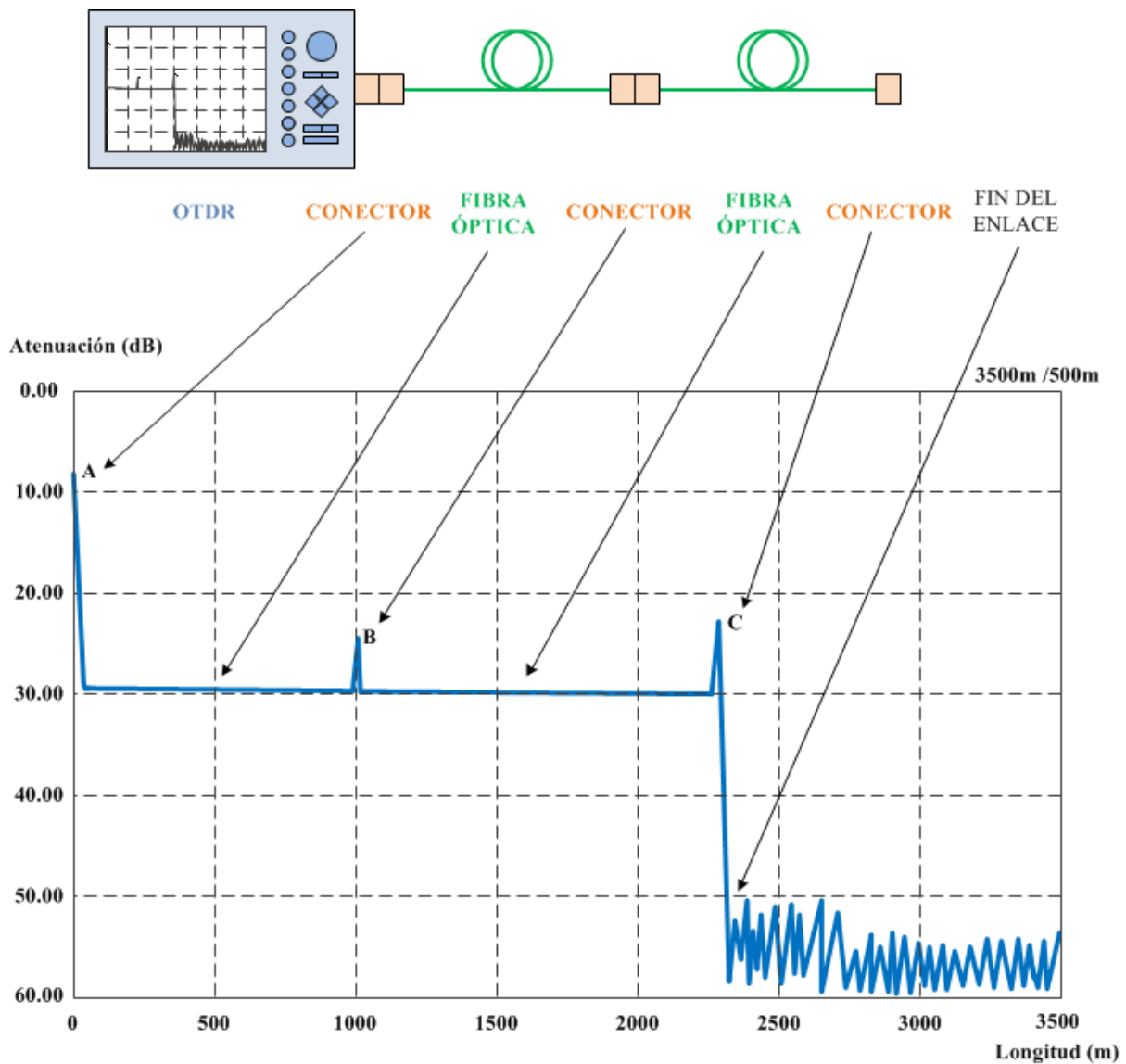


Figura 4.1. Ejemplo de medida y gráfica reflectométrica



## 4.2 RESULTADOS

En este apartado se presentarán un ejemplo y análisis de los resultados obtenidos para cada tipo de medida o prueba realizada entre las que se encuentran las Pruebas FAT y la SAT.

### 4.2.1 PRUEBAS FAT

Los resultados de las pruebas FAT corresponden a estándares y parámetros de calidad propios de la normativa de cada sistema, equipo o protocolo utilizado.

Estas pruebas son realizadas por el departamento de pruebas y verificadas por el departamento de calidad en la fábrica de cada equipo. Dichas pruebas están disponibles tan sólo si se solicitan al propio fabricante y tras la aprobación de la dirección de la empresa, por ello, este apartado no afecta al presente proyecto.

### 4.2.2 PRUEBAS SAT

Los resultados de las pruebas SAT corresponden al cumplimiento de los estándares y parámetros de calidad de la normativa que rige cada sistema, combinados con los requisitos técnicos del cliente.

En este apartado se presentará un ejemplo de pruebas para todos los sistemas instalados:

- **Sistema de Energía:**

- ❖ Tensión de Entrada Alterna: se medirá esta tensión en todos los equipos que admitan esta alimentación. Tras la medición, el rango de resultados debe estar a 220Vac con unos márgenes inferior y superior de un 5% como máximo, según el Reglamento de Baja Tensión [W9]. Si los resultados no cumplieren esta norma, se revisará la instalación y los equipos, y se deberá volver a realizar la prueba hasta obtener medidas satisfactorias.
- ❖ Tensión de Entrada Continua: se medirá esta tensión en todos los equipos que admitan esta alimentación y en las baterías. Tras la medición, el rango de resultados debe estar a -48Vcc con unos márgenes inferior y superior de un 5% como máximo, según el Reglamento de Baja Tensión [W9]. Si los resultados no cumplieren esta norma, se revisará la instalación y los equipos, y se deberá volver a realizar la prueba hasta obtener medidas satisfactorias.
- ❖ Funcionamiento de Baterías: se comprobará que tras cortar la alimentación alterna general, entra en funcionamiento el sistema de baterías (sistema auxiliar) dando alimentación temporal. También se comprobará que tras la recuperación de la red general, los rectificadores (sistema principal) entran en funcionamiento de nuevo, y las baterías dejan de alimentar a los equipos. Si los resultados no fuesen correctos, se revisará la instalación, la configuración, los equipos y las baterías, y se deberá volver a realizar la prueba hasta obtener resultados satisfactorios.

Los resultados obtenidos se anotarán en la correspondiente hoja de pruebas de energía. Ver apartado 1 del *“Anexo B: Hojas de Pruebas”*.

- **Sistema de Transporte de Servicios e IP:**

❖ Pruebas de Sistema de Transporte SDH:

- Funcionalidades: se verificará la protección de anillo SDH, que se encuentra configurada en las tarjetas CL de los multiplexores. Se verificará que tras cortar la comunicación del camino principal, entra en funcionamiento el otro camino. El camino principal siempre irá en la CL/2-A, y el secundario en la CL/2-B.

Otra funcionalidad que se comprueba es la conectividad Ethernet de cada tarjeta CL/2, tras la realización de un ping entre equipos del anillo.

- Tarjetas de Servicios: se comprobará que las tarjetas de servicios transportan, a través del anillo, los datos y audios con las características configuradas.

Si los resultados no fuesen correctos, se revisará la instalación, la configuración y los equipos, y se deberá volver a realizar la prueba hasta obtener resultados satisfactorios.

❖ Pruebas de Sistema de Red IP:

- Funcionalidades: se verificará la protección de anillo IP, que se encuentra configurada en los puertos de fibra óptica de los switches, y por tanto, también se comprobará la activación del protocolo Spanning Tree o STP. Se verificará que tras cortar la comunicación del camino principal, entra en funcionamiento el otro camino. El camino principal siempre irá en el puerto FO#1 y el secundario en el FO#2.
- Puertos: se comprobará el funcionamiento de cada uno de los puertos de los switches, conectando un equipo y verificando que esta integrado en la red.

Si los resultados no fuesen correctos, se revisará la instalación, la configuración y los equipos, y se deberá volver a realizar la prueba hasta obtener resultados satisfactorios

Los resultados obtenidos se anotarán en la correspondiente hoja de pruebas de energía. Ver apartado 2 del “**Anexo B: Hojas de Pruebas**”.

- **Sistema de Supervisión:** en cuanto a los resultados de las pruebas de supervisión, se mostrarán el correcto funcionamiento de la activación y desactivación de las alarmas de los equipos críticos en los sistemas de supervisión instalados.

Para el software RADview-EMS se comprobará el estado de: alarma crítica, alarma mayor, alarma menor, evento y normal.

Para el software PowCom se comprobará el estado de: alarma mayor, alarma menor y normal.

Si los resultados no fuesen correctos, se revisará la instalación, la configuración y los equipos, y se deberá volver a realizar la prueba hasta obtener resultados satisfactorios

Los resultados obtenidos se anotarán en la correspondiente hoja de pruebas de energía. Ver apartado 3 del “**Anexo B: Hojas de Pruebas**”.

- **Medio de Transmisión:** los resultados de las pruebas del medio de transmisión, la fibra óptica, se corresponde con las pruebas reflectométricas (medida de atenuación) de cada enlace, compuesto por 24 fibras ópticas monomodo. Cada prueba se acompaña de la gráfica y las medidas más características.

Para realizar el cálculo de la atenuación por kilómetro de cada fibra óptica, primero se obtiene la medida de la atenuación del enlace completo con el OTDR. A este valor se ha de restar las pérdidas obtenidas en los conectores (de forma genérica 0.2 dB/conector) así como las pérdidas de la bobina de fibra conectada al equipo de medida (alrededor de 0.39 dB). Ver figura para 4.1. para comprender este cálculo.

El valor de la atenuación por kilómetro, en cualquiera de los casos debe ser inferior a 0.35 dB/km, según la norma G.652 “Características de las fibras y cables ópticos monomodo”.

En las hojas de resultados se han de anotar los siguientes valores para cada fibra óptica:

- el valor de la longitud de la bobina de fibra óptica de prueba (km)
- el valor de las pérdidas introducidas por dicha bobina de prueba (dB)
- el valor de la longitud del enlace propio entre emplazamientos (km)
- el valor de las pérdidas introducidas por el cable de fibra óptica en el punto final del enlace:
- el cálculo de la característica de la atenuación por kilómetro del enlace de fibra óptica según la fórmula:

$$A(dB/km) = \frac{A_e(dB) - A_b(dB) - P_{c1} - P_{c2}}{l(km)} \quad (10)$$

donde:

$A_e(dB)$  es la atenuación del enlace de fibra óptica entre emplazamientos

$A_b(dB)$  es la atenuación de la bobina de fibra óptica de prueba

$P_{c1}(dB)$  y  $P_{c2}(dB)$  son las pérdidas en los conectores intermedios (0.2 dB por conector)

$l(km)$  es la longitud del enlace de fibra óptica entre emplazamientos

Si los resultados no fuesen correctos, se revisará la instalación, la configuración y los equipos, y se deberá volver a realizar la prueba hasta obtener resultados satisfactorios

Los resultados obtenidos se anotarán en la correspondiente hoja de pruebas de energía. Ver apartado 4 del “**Anexo B: Hojas de Pruebas**”.

Los resultados de las pruebas SAT se han obtenido tras la realización de los procedimientos de pruebas explicados en el apartado anterior y se ha podido verificar el cumplimiento de todas las funcionalidades para las que se encontraba diseñado y dimensionado cada equipo.

A continuación se presenta un ejemplo de las hojas de pruebas para los sistemas mencionados anteriormente, pudiendo consultar todos los resultados en el “**Anexo B. Hojas de Pruebas**”.

#### 4.2.2.1 PRUEBAS DEL SISTEMA DE ENERGÍA

| PRUEBAS DE ENERGÍA  |                         |   |        |                       |        |        |
|---|-------------------------|---|--------|-----------------------|--------|--------|
| LOCALIZACIÓN  | AEROPUERTO              | RESPONSABLE   |        | JEFE DE MANTENIMIENTO |        |        |
| EMPLAZAMIENTO   | TORRE DE CONTROL        |   |        |                       |        |        |
| FECHA   | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |        |                       |        |        |
| EQUIPO  | POWERONE ASPIRO AF      | NÚMERO DE SERIE   |        | AF000133429           |        |        |
|   |                         |   |        |                       |        |        |
| TENSIÓN DE ENTRADA ALTERNA  |                         | 220 Vac ± 5%  |        |                       |        |        |
| SISTEMA   | EQUIPO                  | TWR   | CTx    | LOC                   | DVOR   | GP     |
| ENERGÍA   | RECTIFICADOR 1          | 223.12  | 223.76 | 222.45                | 220.56 | 220.53 |
|   | RECTIFICADOR 2          | 223.54  | 224.01 | 223.98                | 220.34 | 221.10 |
| SUPERVISIÓN   | SWITCH                  | 223.56  | 220.19 | 221.45                | 221.76 | 222.34 |
|   | TELEFONO IP             | 219.32  | 222.43 | 223.12                | 219.32 | 223.56 |
|   | CENTRALITA IP           | 221.71  | -      | -                     | -      | -      |
|   | PC SERVIDOR             | 221.89  | -      | -                     | -      | -      |
|   |                         |   |        |                       |        |        |
| TENSIÓN DE ENTRADA CONTINUA   |                         | -48 Vdc ± 5%  |        |                       |        |        |
| SISTEMA   | EQUIPO                  | TWR   | CTx    | LOC                   | DVOR   | GP     |
| ENERGÍA   | BATERÍAS                | -48.56  | -48.77 | -48.19                | -48.65 | -48.37 |
| TRANSPORTE  | MULTIPLEXOR             | -48.10  | -48.55 | -48.76                | -48.39 | -48.23 |
|   |                         |   |        |                       |        |        |
| FUNCIONAMIENTO DE BATERÍAS  |                         | OK/NOK  |        |                       |        |        |
| DESCRIPCIÓN   |                         | TWR   | CTx    | LOC                   | DVOR   | GP     |
| ESTADO NORMAL<br>(FUNCIONAMIENTO DE LOS RECTIFICADORES)   |                         | OK  | OK     | OK                    | OK     | OK     |
| CAÍDA DE RED GENERAL DE TENSIÓN ALTERNA<br>(ENTRA EN FUNCIONAMIENTO EL SISTEMA DE BATERIAS)                     |                         | OK  | OK     | OK                    | OK     | OK     |
| RECUPERACIÓN DE LA RED GENERAL DE TENSIÓN ALTERNA<br>(FUNCIONAMIENTO DE LOS RECTIFICADORES Y CARGA DE BATERÍAS) |                         | OK  | OK     | OK                    | OK     | OK     |
|   |                         |   |        |                       |        |        |
| OBSERVACIONES   |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |        |                       |        |        |

Tabla 4.1. Ejemplo de Hoja de Pruebas de Sistema de Energía

#### 4.2.2.2 PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

##### 4.2.2.2.1 RED SDH DE SERVICIOS

| PRUEBAS DE LA RED SDH    |                         |   |                       |                       |           |
|--------------------------|-------------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              |   | RESPONSABLE           | JEFE DE MANTENIMIENTO |           |
| EMPLAZAMIENTO            | TORRE DE CONTROL        |   |                       |                       |           |
| FECHA                    | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |                       |                       |           |
| EQUIPO                   | RAD MEGAPLEX MP-4100    |   | NÚMERO DE SERIE       | 11045938              |           |
|                          |                         |   |                       |                       |           |
| FUNCIONALIDAD            | TARJETA                 | RESULTADO   | FUNCIONALIDAD         | TARJETA               | RESULTADO |
|                          |                         | OK / NOK  |                       |                       | OK / NOK  |
| PROTECCIÓN (REDUNDANCIA) | CL/2 (A)                | OK  | CONECTIVIDAD ETHERNET | CL/2 (A)              | OK        |
|                          | CL/2 (B)                | OK  |                       | CL/2 (B)              | OK        |
|                          |                         |   |                       |                       |           |
| TARJETA                  | CANAL                   | RESULTADO   | TARJETA               | CANAL                 | RESULTADO |
|                          |                         | OK / NOK  |                       |                       | OK / NOK  |
| VC8 E&M #1               | CANAL 1                 | OK  | VC8 FXO               | CANAL 1               | OK        |
|                          | CANAL 2                 | OK  |                       | CANAL 2               | OK        |
|                          | CANAL 3                 | OK  |                       | CANAL 3               | OK        |
|                          | CANAL 4                 | OK  |                       | CANAL 4               | OK        |
|                          | CANAL 5                 | OK  |                       | CANAL 5               | OK        |
|                          | CANAL 6                 | OK  |                       | CANAL 6               | OK        |
|                          | CANAL 7                 | OK  |                       | CANAL 7               | OK        |
|                          | CANAL 8                 | OK  |                       | CANAL 8               | OK        |
| VC8 E&M #2               | CANAL 1                 | OK  | HS-RN                 | CANAL 1               | OK        |
|                          | CANAL 2                 | OK  |                       | CANAL 2               | OK        |
|                          | CANAL 3                 | OK  |                       | CANAL 3               | OK        |
|                          | CANAL 4                 | OK  |                       | CANAL 4               | OK        |
|                          | CANAL 5                 | OK  | HS-6N                 | CANAL 1               | OK        |
|                          | CANAL 6                 | OK  |                       | CANAL 2               | OK        |
|                          | CANAL 7                 | OK  |                       | CANAL 3               | OK        |
|                          | CANAL 8                 | OK  |                       | CANAL 4               | OK        |
|                          |                         |   | CANAL 5               | OK                    |           |
|                          |                         |   | CANAL 6               | OK                    |           |
|                          |                         |   |                       |                       |           |
| OBSERVACIONES            |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                       |                       |           |

Tabla 4.2. Ejemplo de Hoja de Pruebas de la Red SDH

#### 4.2.2.2.2 RED IP DE SUPERVISIÓN

| PRUEBAS DE LA RED IP     |                            |   |                  |                       |           |
|--------------------------|----------------------------|---|------------------|-----------------------|-----------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO                 |   | RESPONSABLE      | JEFE DE MANTENIMIENTO |           |
| EMPLAZAMIENTO            | TORRE DE CONTROL           |   |                  |                       |           |
| FECHA                    | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013    |   |                  |                       |           |
| EQUIPO                   | CISCO CATALYST 2960 24TC-S |   | NÚMERO DE SERIE  | CS094592384           |           |
|                          |                            |   |                  |                       |           |
| FUNCIONALIDAD            | PUERTO                     | RESULTADO   | FUNCIONALIDAD    | PUERTO                | RESULTADO |
|                          |                            | OK / NOK  |                  |                       | OK / NOK  |
| PROTECCIÓN (REDUNDANCIA) | PUERTO FO#1                | OK  | STP ACTIVADO     | PUERTO FO#1           | OK        |
|                          | PUERTO FO#2                | OK  |                  | PUERTO FO#2           | OK        |
|                          |                            |   |                  |                       |           |
| EQUIPO                   | PUERTO                     | RESULTADO   | EQUIPO           | PUERTO                | RESULTADO |
|                          |                            | OK / NOK  |                  |                       | OK / NOK  |
| SWITCH 2960 TC-S         | PUERTO 1                   | OK  | SWITCH 2960 TC-S | PUERTO 13             | OK        |
|                          | PUERTO 2                   | OK  |                  | PUERTO 14             | OK        |
|                          | PUERTO 3                   | OK  |                  | PUERTO 15             | OK        |
|                          | PUERTO 4                   | OK  |                  | PUERTO 16             | OK        |
|                          | PUERTO 5                   | OK  |                  | PUERTO 17             | OK        |
|                          | PUERTO 6                   | OK  |                  | PUERTO 18             | OK        |
|                          | PUERTO 7                   | OK  |                  | PUERTO 19             | OK        |
|                          | PUERTO 8                   | OK  |                  | PUERTO 20             | OK        |
|                          | PUERTO 9                   | OK  |                  | PUERTO 21             | OK        |
|                          | PUERTO 10                  | OK  |                  | PUERTO 22             | OK        |
|                          | PUERTO 11                  | OK  |                  | PUERTO 23             | OK        |
|                          | PUERTO 12                  | OK  |                  | PUERTO 24             | OK        |
|                          | PUERTO FO#1                | OK  |                  | PUERTO FO#2           | OK        |
|                          |                            |   |                  |                       |           |
| OBSERVACIONES            |                            | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                  |                       |           |
|                          |                            |   |                  |                       |           |

Tabla 4.3. Ejemplo de Hoja de Pruebas de la Red IP

#### 4.2.2.3 PRUEBAS DE SUPERVISIÓN

| PRUEBAS DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN |                         |   |                       |     |      |    |                |     |     |      |    |
|------------------------------------|-------------------------|---|-----------------------|-----|------|----|----------------|-----|-----|------|----|
| LOCALIZACIÓN                       | AEROPUERTO              | RESPONSABLE   | JEFE DE MANTENIMIENTO |     |      |    |                |     |     |      |    |
| EMPLAZAMIENTO                      | TORRE DE CONTROL        |   |                       |     |      |    |                |     |     |      |    |
| FECHA                              | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |                       |     |      |    |                |     |     |      |    |
| SOFTWARE                           | RADview-EMS             | LICENCIA  |                       |     |      |    | 00102-345938   |     |     |      |    |
| PRIORIDAD                          | ALARMAS                 | ¿SE ACTIVA?   |                       |     |      |    | ¿SE DESACTIVA? |     |     |      |    |
|                                    |                         | OK / NOK  |                       |     |      |    | OK / NOK       |     |     |      |    |
|                                    |                         | TWR   | CTX                   | LOC | DVOR | GP | TWR            | CTX | LOC | DVOR | GP |
| 1                                  | ALARMA CRÍTICA          | OK  | OK                    | OK  | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 2                                  | ALARMA MAYOR            | OK  | OK                    | OK  | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 3                                  | ALARMA MENOR            | OK  | OK                    | OK  | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 4                                  | EVENTO                  | OK  | OK                    | OK  | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 5                                  | NORMAL                  | OK  | OK                    | OK  | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| SOFTWARE                           | PowCom                  | LICENCIA  |                       |     |      |    | FPE092873645   |     |     |      |    |
| PRIORIDAD                          | ALARMAS                 | ¿SE ACTIVA?   |                       |     |      |    | ¿SE DESACTIVA? |     |     |      |    |
|                                    |                         | OK / NOK  |                       |     |      |    | OK / NOK       |     |     |      |    |
|                                    |                         | TWR   | CTX                   | LOC | DVOR | GP | TWR            | CTX | LOC | DVOR | GP |
| 1                                  | ALARMA MAYOR            | OK  | OK                    | OK  | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 2                                  | ALARMA MENOR            | OK  | OK                    | OK  | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 3                                  | NORMAL                  | OK  | OK                    | OK  | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| OBSERVACIONES                      |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                       |     |      |    |                |     |     |      |    |

Tabla 4.4. Ejemplo de Hoja de Pruebas del Sistema de Supervisión

#### 4.2.2.4 PRUEBAS DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN

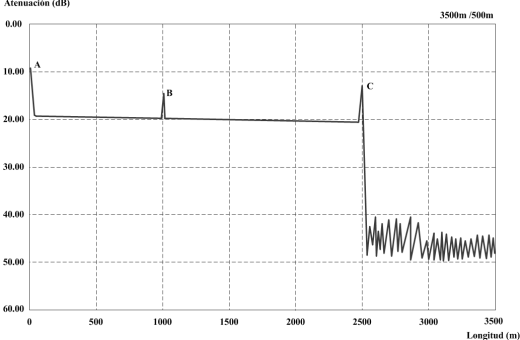
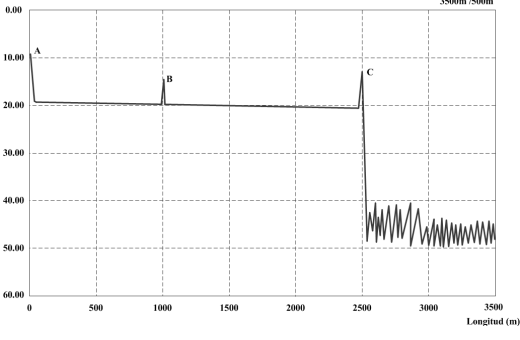
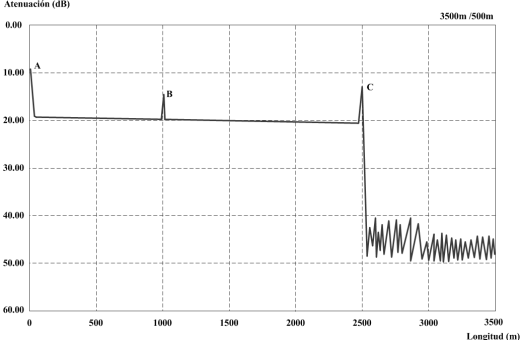
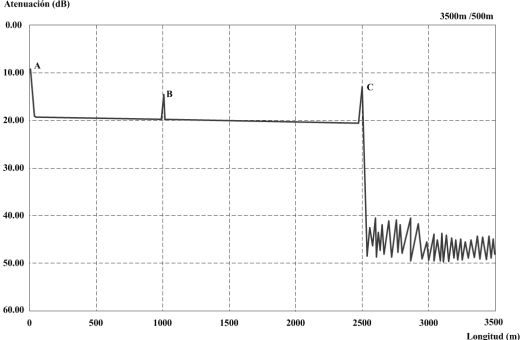
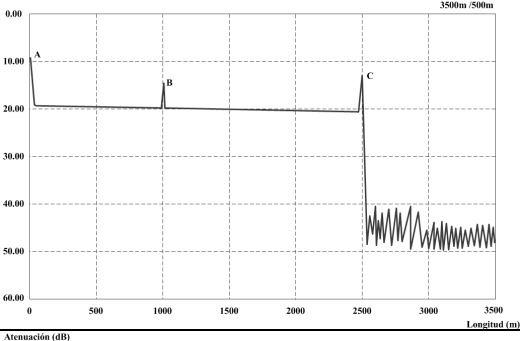
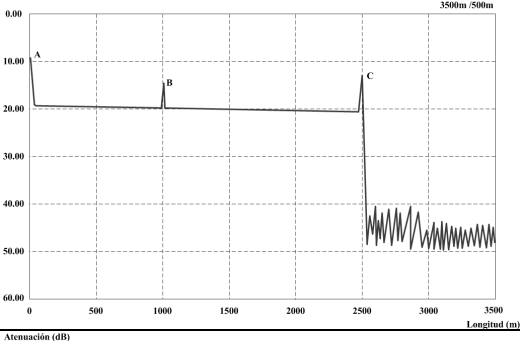
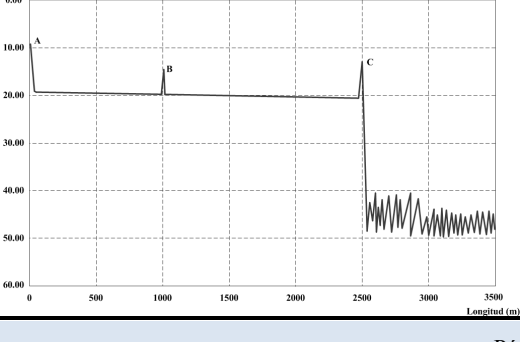
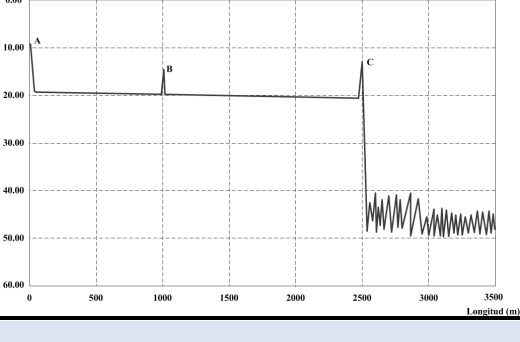
| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |            |                    |            |                       |
|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              |            | RESPONSABLE        |            | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | TORRE DE CONTROL        |            |                    |            |                       |
| EMPLAZAM. B              | CENTRO DE EMISORES      |            |                    |            |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |            |                    |            |                       |
|                          |                         |            |                    |            |                       |
| EQUIPO DE MEDIDA         | OTDR TS 1310nm          |            | NÚMERO DE SERIE    |            | NYC002013070600       |
| POTENCIA DE INYECCIÓN    | 10 dBm                  |            | LONGITUD DE ONDA   |            | 1310 nm               |
| FIBRA                    | TRAMO A-B (BOBINA)      |            | TRAMO B-C (ENLACE) |            | CARACTERÍSTICA        |
|                          | LONGITUD                | ATENUACIÓN | LONGITUD           | ATENUACIÓN | ATENUACIÓN            |
| UD                       | (km)                    | (dB)       | (km)               | (dB)       | (dB/km)               |
| 1                        | 1,0082                  | 0,393      | 1,4920             | 0.730      | 0,221                 |
| 2                        | 1,0082                  | 0,392      | 1,4921             | 0.729      | 0,220                 |
| 3                        | 1,0082                  | 0,390      | 1,4920             | 0.725      | 0,218                 |
| 4                        | 1,0082                  | 0,406      | 1,4922             | 0.755      | 0,238                 |
| 5                        | 1,0082                  | 0,404      | 1,4922             | 0.750      | 0,235                 |
| 6                        | 1,0082                  | 0,397      | 1,4921             | 0.736      | 0,225                 |
| 7                        | 1,0082                  | 0,390      | 1,4920             | 0.725      | 0,218                 |
| 8                        | 1,0082                  | 0,388      | 1,4920             | 0.721      | 0,215                 |
| 9                        | 1,0082                  | 0,393      | 1,4921             | 0.730      | 0,221                 |
| 10                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,4921             | 0.731      | 0,222                 |
| 11                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,4921             | 0.730      | 0,221                 |
| 12                       | 1,0082                  | 0,399      | 1,4922             | 0.742      | 0,229                 |
| 13                       | 1,0082                  | 0,395      | 1,4921             | 0.733      | 0,223                 |
| 14                       | 1,0082                  | 0,394      | 1,4920             | 0.731      | 0,222                 |
| 15                       | 1,0082                  | 0,389      | 1,4921             | 0.722      | 0,216                 |
| 16                       | 1,0082                  | 0,394      | 1,4921             | 0.733      | 0,223                 |
| 17                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,4921             | 0.730      | 0,221                 |
| 18                       | 1,0082                  | 0,400      | 1,4922             | 0.742      | 0,229                 |
| 19                       | 1,0082                  | 0,397      | 1,4921             | 0.738      | 0,226                 |
| 20                       | 1,0082                  | 0,400      | 1,4922             | 0.743      | 0,230                 |
| 21                       | 1,0082                  | 0,413      | 1,4921             | 0.768      | 0,246                 |
| 22                       | 1,0082                  | 0,388      | 1,4920             | 0.721      | 0,215                 |
| 23                       | 1,0082                  | 0,392      | 1,4921             | 0.728      | 0,220                 |
| 24                       | 1,0082                  | 0,396      | 1,4921             | 0.735      | 0,225                 |
| Página 1 de 4            |                         |            |                    |            |                       |



SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |             |                       |
|--------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | TORRE DE CONTROL        |             |                       |
| EMPLAZAM. B              | CENTRO DE EMISORES      |             |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |             |                       |
| CURVAS OTDR              |                         |             |                       |
| 1                        |                         | 2           |                       |
| 3                        |                         | 4           |                       |
| 5                        |                         | 6           |                       |
| 7                        |                         | 8           |                       |
| Página 2 de 4            |                         |             |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |             |  |
|--------------------------|---|-------------|--|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO  |
| EMPLAZAM. A              | TORRE DE CONTROL  |             |  |
| EMPLAZAM. B              | CENTRO DE EMISORES  |             |  |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013   |             |  |
| CURVAS OTDR              |   |             |  |
| 9                        |    | 10          |    |
| 11                       |   | 12          |   |
| 13                       |  | 14          |  |
| 15                       |  | 16          |  |
| Página 3 de 4            |   |             |  |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

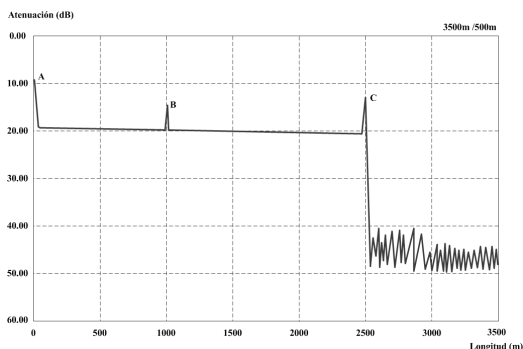
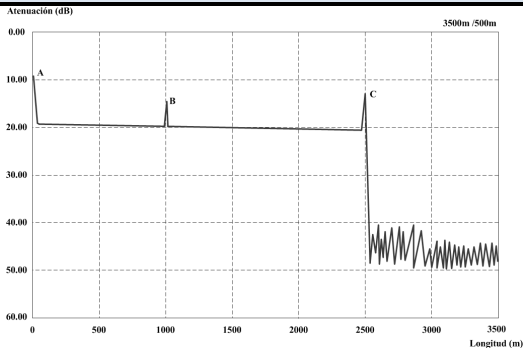
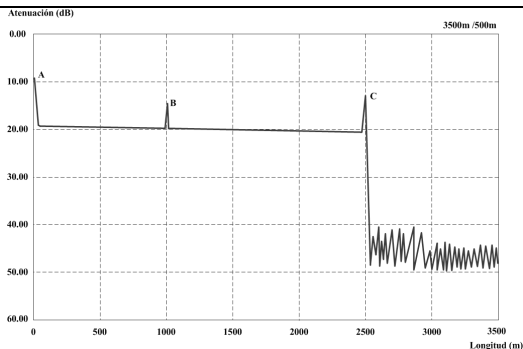
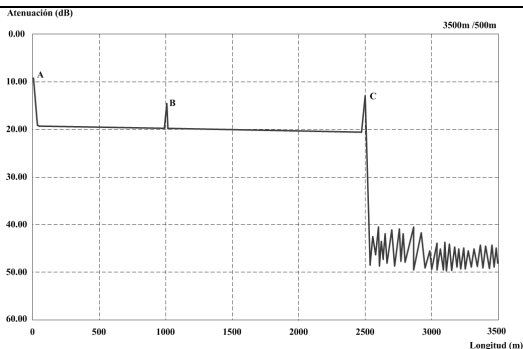
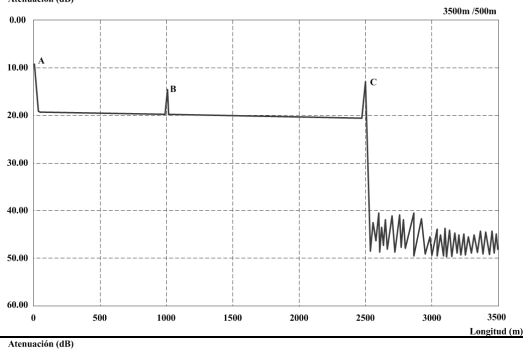
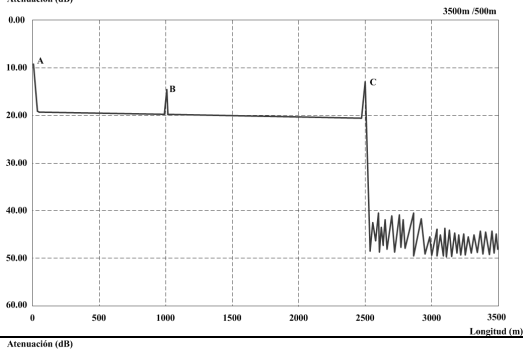
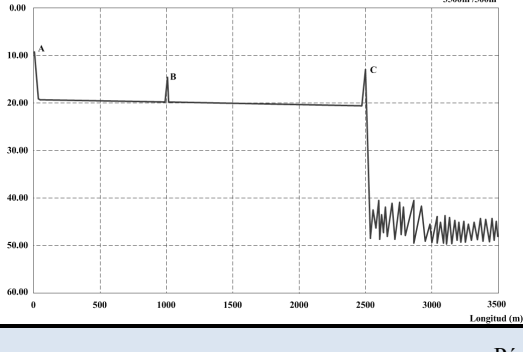
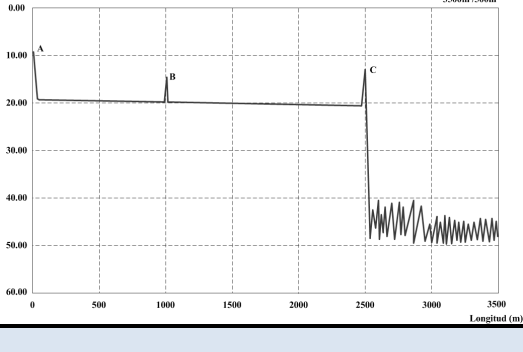
| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
|--------------------------|---|-------------------------|--|-------------|-----------------------|--|--|--|--|
| LOCALIZACIÓN             |   | AEROPUERTO              |  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO |  |  |  |  |
| EMPLAZAM. A              |   | TORRE DE CONTROL        |  |             |                       |  |  |  |  |
| EMPLAZAM. B              |   | CENTRO DE EMISORES      |  |             |                       |  |  |  |  |
| FECHA                    |   | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |  |             |                       |  |  |  |  |
| CURVAS OTDR              |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| 17                       |    |                         |  |             | 18                    |    |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| 19                       |   |                         |  |             | 20                    |   |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| 21                       |  |                         |  |             | 22                    |  |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| 23                       |  |                         |  |             | 24                    |  |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| Página 4 de 4            |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |

Tabla 4.5. Ejemplo de Hojas de Pruebas del Medio de Transmisión

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

# Capítulo 5

## Presupuesto

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## 5.- PRESUPUESTO

### 5.1 PRESUPUESTO GENERAL

| PARTIDAS<br>GENERALES | DESCRIPCIÓN  | PRESUPUESTO<br>POR PARTIDAS |
|-----------------------|--|-----------------------------|
| EQUIPAMIENTO          | Equipos pertenecientes al Sistema de Transporte, Sistema de Alimentación, Sistema de Supervisión, Software, Cableado y otros materiales. | 169.800,00 €                |
| DOCUMENTACIÓN         | Documentación en formato físico y electrónico.   | 9.000,00 €                  |
| MANO DE OBRA          | Número de horas de dedicación en el proyecto de: administración, dirección, ingeniería e instalación.                                    | 629.150,00 €                |
| DESPLAZAMIENTOS       | Viajes de ingeniería e instaladores.   | 4.600,00 €                  |
| DIETAS                | Dietas de ingenieros e instaladores.   | 6.300,00 €                  |
| EXTRAS                | Gastos extras con el cliente y posibles imprevistos.   | 6.000,00 €                  |
| PRESUPUESTO TOTAL     |  | 924.800,00 €                |

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*



SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

## 5.2 PRESUPUESTO DETALLADO

| CONCEPTO                        | MARCA    | MODELO         | CANTIDAD |     |     |     |      |    |           | PRECIO UNITARIO | COSTE       | PRESUPUESTO POR PARTIDAS |
|---------------------------------|----------|----------------|----------|-----|-----|-----|------|----|-----------|-----------------|-------------|--------------------------|
|                                 |          |                | GENERAL  | TWR | CTX | LOC | DVOR | GP | REPUESTOS |                 |             |                          |
| EQUIPAMIENTO                    |          |                |          |     |     |     |      |    |           |                 |             | 269.750,00 €             |
| SISTEMA DE TRANSPORTE           |          |                |          |     |     |     |      |    |           |                 |             |                          |
| MULTIPLEXOR                     | RAD      | MP-4100        | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 1         | 6               | 20.000,00 € | 120.000,00 €             |
| TARJETA                         | RAD      | PS/48          | -        | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 1         | 11              | 1.200,00 €  | 13.200,00 €              |
| TARJETA LÓGICA COMÚN            | RAD      | CL/2           | -        | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 1         | 11              | 2.500,00 €  | 27.500,00 €              |
| TARJETA AUDIO                   | RAD      | VC8/E&M        | -        | 2   | 1   | 1   | 1    | 1  | 1         | 7               | 1.000,00 €  | 7.000,00 €               |
| TARJETA TELEF. CENTRAL          | RAD      | VC6/FXO        | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 1         | 6               | 1.000,00 €  | 6.000,00 €               |
| TARJETA TELEF. ABONADO          | RAD      | VC8/FXS        | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 1         | 6               | 1.000,00 €  | 6.000,00 €               |
| TARJETA DATOS RS232             | RAD      | HS/RN          | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 1         | 6               | 900,00 €    | 5.400,00 €               |
| TARJETA DATOS V35               | RAD      | HS/6N          | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 1         | 6               | 900,00 €    | 5.400,00 €               |
| TRANSEPTOR ÓPTICO               | RAD      | SFP2           | -        | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 1         | 11              | 200,00 €    | 2.200,00 €               |
| CENTRALITA                      | CISCO    | UC540          | -        | 1   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 5.000,00 €  | 5.000,00 €               |
| SWITCH                          | CISCO    | 2960 24TC-S    | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | -         | 5               | 1.200,00 €  | 6.000,00 €               |
| TELEFONO IP                     | CISCO    | SPA 501G       | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | -         | 5               | 300,00 €    | 1.500,00 €               |
| SISTEMA DE ALIMENTACIÓN         |          |                |          |     |     |     |      |    |           |                 |             |                          |
| EQUIPO                          | POWERONE | ASPIRO AF      | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | -         | 5               | 2.000,00 €  | 10.000,00 €              |
| RECTIFICADOR                    | POWERONE | XPEG 12.48     | -        | 2   | 2   | 2   | 2    | 2  | 1         | 11              | 200,00 €    | 2.200,00 €               |
| MODULO SUPERVISION              | POWERONE | ACC            | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | 1         | 6               | 50,00 €     | 300,00 €                 |
| BATERIA                         | SUNLIGHT | SPB 15-55      | -        | 4   | 4   | 4   | 4    | 4  | -         | 20              | 50,00 €     | 1.000,00 €               |
| SISTEMA DE SUPERVISIÓN          |          |                |          |     |     |     |      |    |           |                 |             |                          |
| PC SERVIDOR                     | DELL     | POWEREDGE R210 | -        | 1   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 1.500,00 €  | 1.500,00 €               |
| MONITOR                         | DELL     | E1713S         | -        | 1   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 250,00 €    | 250,00 €                 |
| TECLADO Y RATÓN                 | DELL     | -              | -        | 1   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 100,00 €    | 100,00 €                 |
| PC CLIENTE                      | DELL     | INSPIRON 15Z   | -        | 1   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 600,00 €    | 600,00 €                 |
| SOFTWARE DE SUPERVISION         |          |                |          |     |     |     |      |    |           |                 |             |                          |
| TRANSPORTE                      | RAD      | RADVIEW-EMS    | 1        | -   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 20.000,00 € | 20.000,00 €              |
| ENERGÍA                         | POWERONE | POWCOM         | 1        | -   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 1.000,00 €  | 1.000,00 €               |
| MEDIO DE TRANSMISIÓN - CABLEADO |          |                |          |     |     |     |      |    |           |                 |             |                          |
| CABLE DE COBRE                  |          |                | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | -         | 5               | 500,00 €    | 2.500,00 €               |
| FIBRA ÓPTICA                    | DRAKA    | PST-18         | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | -         | 5               | 3.000,00 €  | 15.000,00 €              |
| OTRO MATERIAL                   |          |                |          |     |     |     |      |    |           |                 |             |                          |
| ARMARIOS DE COMUNICACIONES      | TMN      | 42U            | -        | 1   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 1.000,00 €  | 1.000,00 €               |
|                                 | TMN      | 31U            | -        | -   | 1   | 1   | 1    | 1  | -         | 4               | 900,00 €    | 3.600,00 €               |
| GENERAL                         | -        | -              | 1        | -   | -   | -   | -    | -  | -         | 1               | 2.000,00 €  | 2.000,00 €               |
| POR EMPLAZAMIENTO               | -        | -              | -        | 1   | 1   | 1   | 1    | 1  | -         | 5               | 700,00 €    | 3.500,00 €               |

|               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |            |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|------------|
| DOCUMENTACION |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 9.000,00 € |            |
| INSTALACION   | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 6 | 500,00 €   | 3.000,00 € |
| CURSOS        | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 6 | 500,00 €   | 3.000,00 € |
| FIN DE OBRA   | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 6 | 500,00 €   | 3.000,00 € |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

|                             |                |   | HORAS   |     |     |     |      |     |       | PRECIO<br>POR<br>HORA | COSTE        |
|-----------------------------|----------------|---|---------|-----|-----|-----|------|-----|-------|-----------------------|--------------|
|                             |                |   | GENERAL | TWR | CTX | LOC | DVOR | GP  | TOTAL |                       |              |
| MANO DE OBRA                |                |   |         |     |     |     |      |     |       |                       | 629.150,00 € |
| ADMINISTRACION/CONTABILIDAD | ADMINISTRATIVO | 1 | 40      | -   | -   | -   | -    | -   | 40    | 35,00 €               | 1.400,00 €   |
| DIRECCIÓN                   | DOCTOR         | 1 | 335     | -   | -   | -   | -    | -   | 335   | 50,00 €               | 16.750,00 €  |
| INGENIERÍA                  | INGENIERO      | 1 | 2680    | -   | -   | -   | -    | -   | 2680  | 50,00 €               | 134.000,00 € |
| INSTALACIÓN                 | INSTALADOR     | 1 | -       | 960 | 960 | 960 | 960  | 960 | 4800  | 25,00 €               | 120.000,00 € |
| CONFIGURACION               | INGENIERO      | 1 | 3800    | -   | -   | -   | -    | -   | 3800  | 50,00 €               | 190.000,00 € |
| PRUEBAS                     | INGENIERO      | 1 | 800     | -   | -   | -   | -    | -   | 800   | 50,00 €               | 40.000,00 €  |
|                             | INSTALADOR     | 1 | 680     | -   | -   | -   | -    | -   | 680   | 25,00 €               | 17.000,00 €  |
| PUESTA EN MARCHA            | INGENIERO      | 1 | 1000    | -   | -   | -   | -    | -   | 1000  | 50,00 €               | 50.000,00 €  |
|                             | INSTALADOR     | 1 | 400     | -   | -   | -   | -    | -   | 400   | 25,00 €               | 10.000,00 €  |
| FORMACIÓN                   | INGENIERO      | 1 | 1000    | -   | -   | -   | -    | -   | 1000  | 50,00 €               | 50.000,00 €  |

|                  |            |   | VIAJES |   |   |   |   |   |    | PRECIO<br>POR<br>VIAJE | COSTE      |
|------------------|------------|---|--------|---|---|---|---|---|----|------------------------|------------|
| DESPLAZAMIENTOS  |            |   |        |   |   |   |   |   |    |                        |            |
| INSTALACIÓN      | INGENIERO  | 1 | 12     | - | - | - | - | - | 12 | 100,00 €               | 1.200,00 € |
|                  | INSTALADOR | 1 | 12     | - | - | - | - | - | 12 | 100,00 €               | 1.200,00 € |
| PRUEBAS          | INGENIERO  | 1 | 6      | - | - | - | - | - | 6  | 100,00 €               | 600,00 €   |
|                  | INSTALADOR | 1 | 6      | - | - | - | - | - | 6  | 100,00 €               | 600,00 €   |
| PUESTA EN MARCHA | INGENIERO  | 1 | 4      | - | - | - | - | - | 4  | 100,00 €               | 400,00 €   |
|                  | INSTALADOR | 1 | 4      | - | - | - | - | - | 4  | 100,00 €               | 400,00 €   |
| FORMACIÓN        | INGENIERO  | 1 | 2      | - | - | - | - | - | 2  | 100,00 €               | 200,00 €   |

|                  |            |   | DIAS |   |   |   |   |   |    | PRECIO<br>POR DIA | COSTE      |
|------------------|------------|---|------|---|---|---|---|---|----|-------------------|------------|
| DIETAS           |            |   |      |   |   |   |   |   |    |                   |            |
| INSTALACIÓN      | INGENIERO  | 1 | 30   | - | - | - | - | - | 30 | 70,00 €           | 2.100,00 € |
|                  | INSTALADOR | 1 | 30   | - | - | - | - | - | 30 | 70,00 €           | 2.100,00 € |
| PRUEBAS          | INGENIERO  | 1 | 15   | - | - | - | - | - | 15 | 70,00 €           | 1.050,00 € |
|                  | INSTALADOR | 1 | 15   | - | - | - | - | - | 15 | 70,00 €           | 1.050,00 € |
| PUESTA EN MARCHA | INGENIERO  | 1 | 10   | - | - | - | - | - | 10 | 70,00 €           | 700,00 €   |
|                  | INSTALADOR | 1 | 10   | - | - | - | - | - | 10 | 70,00 €           | 700,00 €   |
| FORMACIÓN        | INGENIERO  | 1 | 5    | - | - | - | - | - | 5  | 70,00 €           | 350,00 €   |

|        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |            |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|------------|
| EXTRAS |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 6.000,00 € |            |
| EXTRAS | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 6 | 1.000,00 € | 6.000,00 € |

|                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |
|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------|
| PRESUPUESTO TOTAL |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 924.800,00 € |
|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------|

Madrid, Febrero de 2014  
El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Milagros Moya López  
Ingeniero de Telecomunicación

# Capítulo 6

## Conclusiones y Trabajo Futuro

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## **6.- CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

### **6.1 CONCLUSIONES**

Durante la realización del presente proyecto se han obtenido las siguientes conclusiones:

#### **Arquitectura del Sistema de Comunicaciones**

- La arquitectura diseñada en forma de doble anillo permite la separación entre servicios críticos (operatividad del aeropuerto) frente a los servicios de gestión supervisión.
- El uso de un anillo como solución de comunicaciones, dota de redundancia de caminos y disponibilidad de datos al sistema, protegiéndolo frente a un fallo físico o lógico.
- La elección de un equipo ADM que integra los niveles PDH y SDH permite ahorrar espacio en los armarios, ahorrar costes de instalación al tratarse de un único equipo, también permite realizar configuraciones más sencillas a través de un mismo sistema de supervisión.
- El uso de la tecnología TCP/IP para comunicar de forma paralela todos los emplazamientos, dota de un estándar de comunicaciones extendido y flexible ante nuevas incorporaciones futuras.
- La elección de la fibra óptica como medio de transporte proporciona una gran capacidad de envío de información, cuyos límites todavía no han sido alcanzados por equipos existentes en el mercado. De esta forma se proporciona una instalación con amplio margen de mejora.

### **6.2 TRABAJO FUTURO**

El trabajo futuro del presente proyecto se obtendría tras la observación de cual es el futuro de las comunicaciones y que tecnologías son las más aceptadas. Día a día se usa la tecnología TCP/IP como sistema de transporte de la información, dejando obsoletas (aunque se siguen usando) otras tecnologías como PDH o ATM.

En este mismo sentido, la tecnología SDH podría verse limitada si se usan equipos que trabajen con módulos de transferencia de más baja capacidad STM-1 o STM-4 (pues ofrecen velocidades de 155Mbps y 622 Mbps respectivamente) frente a los equipos IP que actualmente trabajan a velocidades de 1 Gbps y 10 Gbps. El próximo trabajo sería integrar todos los servicios en una red IP completa y única para aprovechar al máximo la capacidad de la fibra óptica. Este hecho permitiría seguir manteniendo las funcionalidades de redundancia de caminos y disponibilidad de la información, pero realizando una inversión en equipos inferior a la mitad.

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

# Bibliografía y Referencias

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*



### LIBROS, MANUALES Y HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- [1] González Bernaldo de Quiros, J. “Localización Aeronáutica: Radioayudas, Radar y GPS”. Bellisco.
- [2] Tanenbaum, Andrew S. “Redes de computadoras”. Prentice Hall. Cuarta edición.
- [3] Marín Pereda, J.A. "Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones". Pearson Prentice Hall.
- [4] Millán Tejedor, R. Jesús. “Redes de Datos y Convergencia IP”. Creaciones Copyright S.L.
- [5] Rodríguez Suarez, Antonio. “Comunicaciones Ópticas”. Bellisco.
- [6] Cisco. “Diseño y mantenimiento de Redes de Computadores”. Prentice Hall.
- [7] Hoja de Especificaciones Técnicas del Armario de Comunicaciones TMN (31U, 42U).
- [8] Hoja de Especificaciones Técnicas del Sistema de Alimentación PowerOne Aspiro AF.
- [9] Hoja de Especificaciones Técnicas de las Baterías Sunligh SPB12-55.
- [10] Hoja de Especificaciones Técnicas del Multiplexor RAD Megaplex-4100.
- [11] Megaplex-4100 Installation and Operation Manual v.2.1 (No. 464-200-08/10)
- [12] Hoja de Especificaciones Técnicas del Transceptor Óptico SFP2.
- [13] Hoja de Especificaciones Técnicas del Switch Cisco Catalyst 2960 TC-S.
- [14] Hoja de Especificaciones Técnicas del Router/Centralita Cisco UC540.
- [15] Hoja de Especificaciones Técnicas del Teléfono IP Cisco SPA 501G.
- [16] Hoja de Especificaciones Técnicas del Servidor Dell Poweredge R210.
- [17] Hoja de Especificaciones Técnicas del Monitor Dell E1713S.
- [18] Hoja de Especificaciones Técnicas del Ordenador Portátil Dell Inspiron 15z.
- [19] Hoja de Especificaciones Técnicas del Software RAD RADview-EMS.
- [20] Hoja de Especificaciones Técnicas del Software PowerOne PowCom.
- [21] Hoja de Especificaciones Técnicas del Cable S/FTP Cat6 Draka UC400 SS23.
- [22] Hoja de Especificaciones Técnicas del Cable de Fibra Óptica Draka PST-18.
- [23] Training Manual Doc. 7192-AN/857 Part E-2 Air Traffic Safety Electronic Personnel.
- [24] Guidelines for a Common System/Equipment Rating Training for ATSEP

## ENLACES WEB

- [W1] ITU. <<http://www.itu.int>> [Consulta: 5 Mayo 2013]
- [W2] Wikipedia. <<http://es.wikipedia.org>> [Consulta: 5 Mayo 2013]
- [W3] ITU-R. <<http://www.itu.int/ITU-R>> [Consulta: 5 Mayo 2013]
- [W4] ITU-T. <<http://www.itu.int/ITU-T>> [Consulta: 8 Mayo 2013]
- [W5] ETSI. <<http://www.etsi.org>> [Consulta: 9 Mayo 2013]
- [W6] CEPT. <<http://www.cept.org>> [Consulta: 9 Mayo 2013]
- [W7] CNAF. <<http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/espectro/paginas/cnaf.aspx>> [Consulta: 9 Mayo 2013]
- [W8] OACI Anexo 10. <[http://apcae.files.wordpress.com/2009/05/an10\\_v2\\_cons\\_es.pdf](http://apcae.files.wordpress.com/2009/05/an10_v2_cons_es.pdf)> [Consulta: 10 Mayo 2013]
- [W9] Reglamento de Baja Tensión BOE. <<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099>> [Consulta: 10 Mayo 2013]
- [W10] Ley de Prevención de Riesgos Laborales RD 39/97. <[http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-1997-1853](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1997-1853)> [Consulta: 10 Mayo 2013]
- [W11] ISO. <<http://www.iso.org/iso/home.html>> [Consulta: 10 Mayo 2013]
- [W12] IEC. <<http://www.iec.ch>> [Consulta: 17 Mayo 2013]
- [W13] AEE. <<http://www.electrotecnia.org>> [Consulta: 12 Junio 2013]
- [W14] Reglamento Alta Tensión BOE. <[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-5269](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-5269)> [Consulta: 23 Junio 2013]
- [W15] OACI Anexo 14 sobre Aeródromos. <<http://www.anexo14.org/6.html>> [Consulta: 10 Julio 2013]
- [W16] RD 1627/97. <<http://www.boe.es/boe/dias/1997/10/25/pdfs/A30875-30886.pdf>> [Consulta: 23 Julio 2013]
- [W17] Estándar G711 de la ITU-T. <<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711>> [Consulta: 7 Agosto 2013]
- [W18] IEEE. <<http://www.ieee.org/index.html>> [Consulta: 20 Agosto 2013]
- [W19] Probabilidad de error en enlaces de fibra óptica. <[http://www.tfo.upm.es/docencia/2006-07/LIBRO\\_LCOP/Fundamentos.pdf](http://www.tfo.upm.es/docencia/2006-07/LIBRO_LCOP/Fundamentos.pdf)> [Consulta: 1 Septiembre 2013]
- [W20] Cálculo de repuestos según Ley de Poisson aplicada a MMTR y MTBF. <<http://web.ing.puc.cl/~rpascual/mispapers/louit10.pdf>> [Consulta: 6 Septiembre 2013]

## REFERENCIAS DE FIGURAS

[F1] Ric-Hard. FDM en el Dominio de la Frecuencia. 27 de diciembre del 2012.

Imagen basada en este modelo:

<http://1.bp.blogspot.com/-nRM5Z4nR6jY/UNzeKol34GI/AAAAAAAAAFQ/zK3qbw-XowE/s1600/in4.png>

[F2] Cabecera de la Celda ATM.

Imagen basada en este modelo:

<http://www.angelfire.com/sk3/tucu/nuevos/fig3.jpg>

[F3] Ucsp. Multiplexación SDH. 4 de Abril del 2012.

Imagen basada en este modelo:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bb/Sdh2.jpg/500px-Sdh2.jp>

[F4] Yago AB. Estructura de trama STM-1. 15 de Octubre del 2009.

Imagen basada en este modelo:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ec/Stm1.PNG/450px-Stm1.PNG>

[F5] Ramón Jesús Millán Tejedor. Rejilla de longitudes de onda en CWDM. Agosto del 2006.

Imagen basada en este modelo:

<http://sx-de-tx.wikispaces.com/file/view/cwdmrejilla.jpg/228994952/cwdmrejilla.jpg>

[F6] Marco Bertolini. Pila OSI de ISO. 30 de diciembre del 2007.

Imagen basada en este modelo:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7d/Pila-osi-es.svg/300px-Pila-osi-es.svg.png>

[F7] Iñaki Cuadra. Diagrama de reflexión y refracción. 24 de diciembre del 2009.

Imagen basada en este modelo:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/DiagramaEcFesnel01.png>

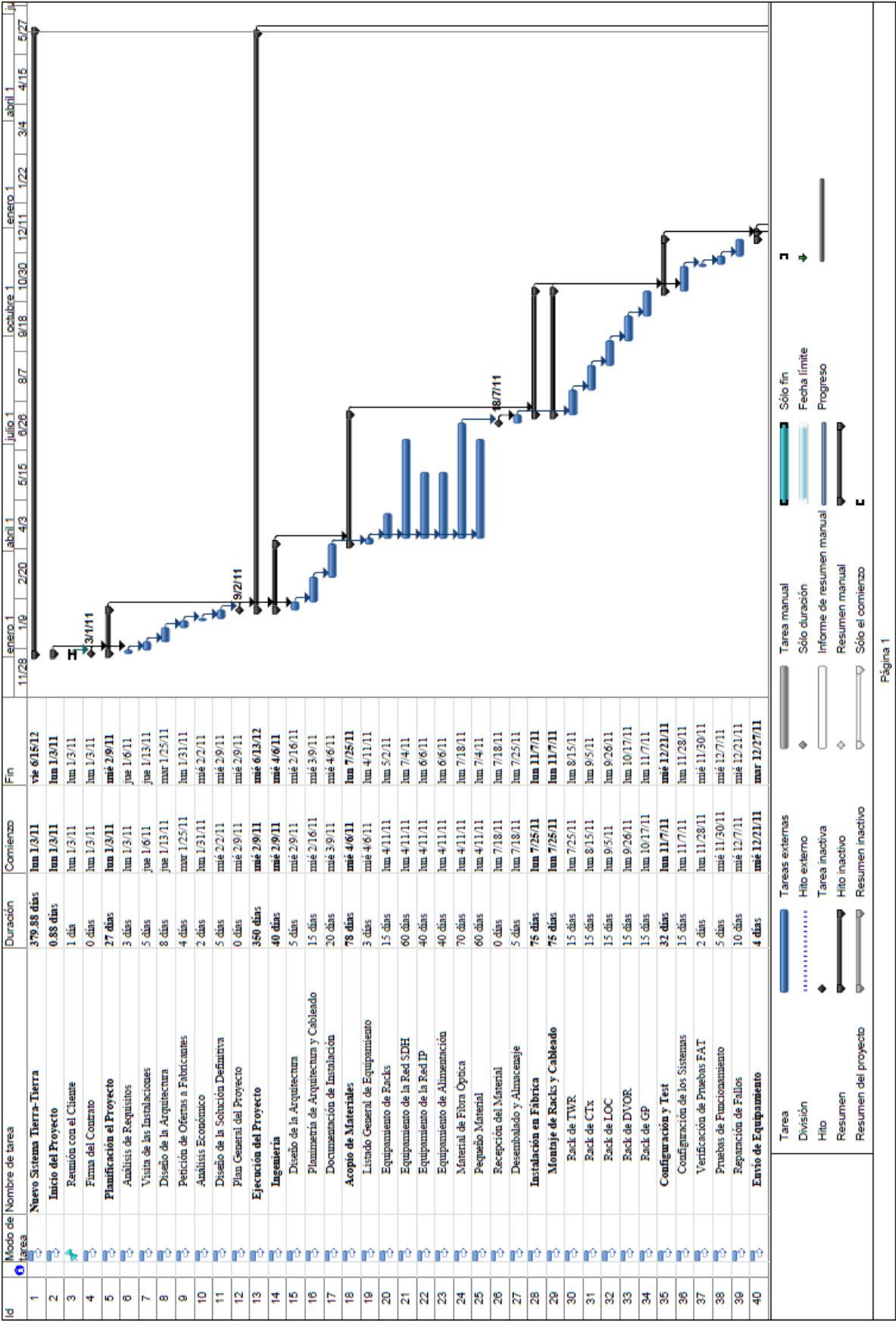
*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

# Anexo A

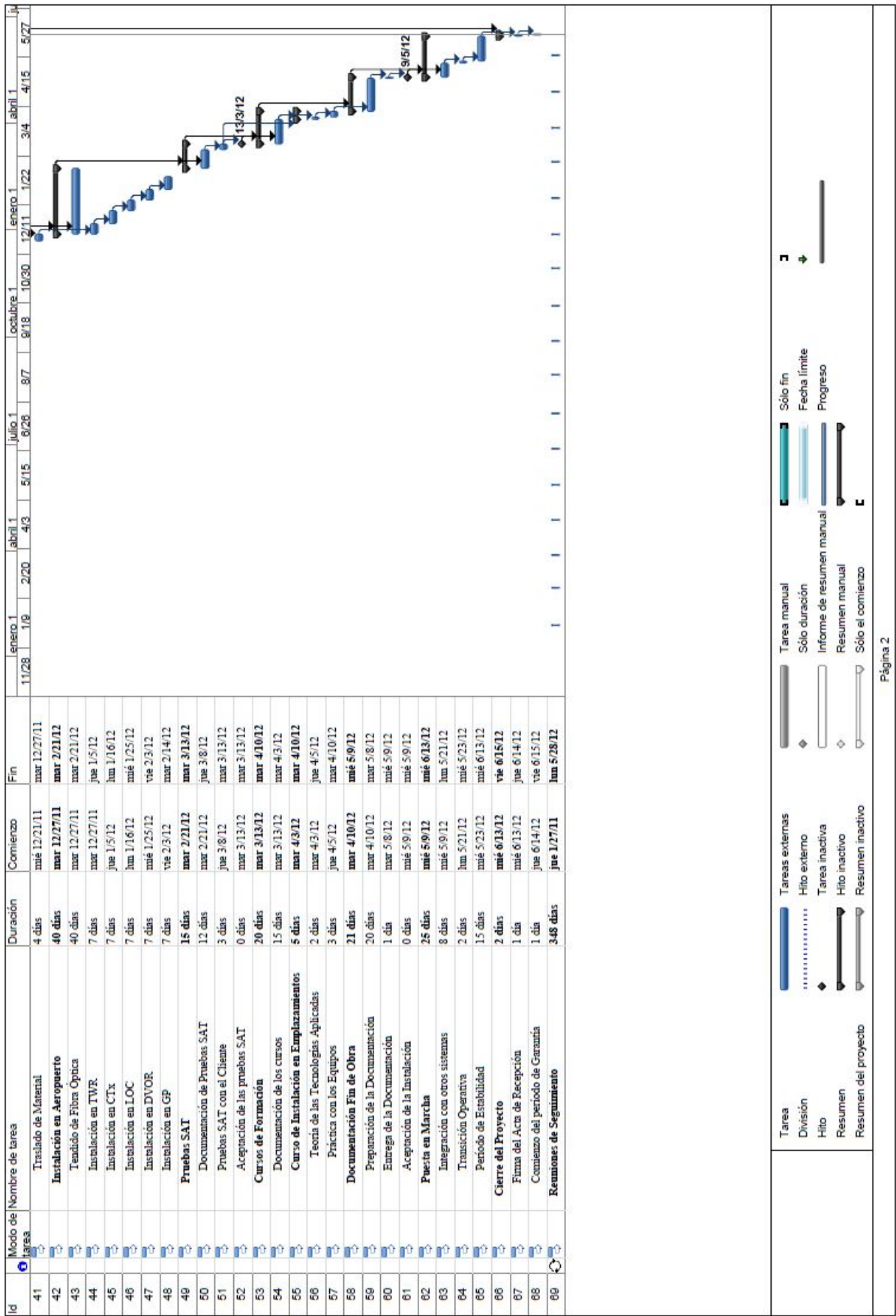
## Plan General del Proyecto

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA



SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA





# Anexo B

## Hojas de Pruebas

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## 1. Hoja de Pruebas del Sistema de Energía

| PRUEBAS DE ENERGÍA  |                         |   |                 |                       |        |        |
|---|-------------------------|---|-----------------|-----------------------|--------|--------|
| LOCALIZACIÓN  | AEROPUERTO              |   | RESPONSABLE     | JEFE DE MANTENIMIENTO |        |        |
| EMPLAZAMIENTO   | TORRE DE CONTROL        |   |                 |                       |        |        |
| FECHA   | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |                 |                       |        |        |
| EQUIPO  | POWERONE ASPIRO AF      |   | NÚMERO DE SERIE | AF000133429           |        |        |
|   |                         |   |                 |                       |        |        |
| TENSIÓN DE ENTRADA ALTERNA  |                         |   | 220 Vac ± 5%    |                       |        |        |
| SISTEMA   | EQUIPO                  | TWR   | CTx             | LOC                   | DVOR   | GP     |
| ENERGÍA   | RECTIFICADOR 1          | 223.12  | 223.76          | 222.45                | 220.56 | 220.53 |
|   | RECTIFICADOR 2          | 223.54  | 224.01          | 223.98                | 220.34 | 221.10 |
| SUPERVISIÓN   | SWITCH                  | 223.56  | 220.19          | 221.45                | 221.76 | 222.34 |
|   | TELEFONO IP             | 219.32  | 222.43          | 223.12                | 219.32 | 223.56 |
|   | CENTRALITA IP           | 221.71  | -               | -                     | -      | -      |
|   | PC SERVIDOR             | 221.89  | -               | -                     | -      | -      |
|   |                         |   |                 |                       |        |        |
| TENSIÓN DE ENTRADA CONTINUA   |                         |   | -48 Vdc ± 5%    |                       |        |        |
| SISTEMA   | EQUIPO                  | TWR   | CTx             | LOC                   | DVOR   | GP     |
| ENERGÍA   | BATERÍAS                | -48.56  | -48.77          | -48.19                | -48.65 | -48.37 |
| TRANSPORTE  | MULTIPLEXOR             | -48.10  | -48.55          | -48.76                | -48.39 | -48.23 |
|   |                         |   |                 |                       |        |        |
| FUNCIONAMIENTO DE BATERÍAS  |                         |   | OK/NOK          |                       |        |        |
| DESCRIPCIÓN   |                         | TWR   | CTx             | LOC                   | DVOR   | GP     |
| ESTADO NORMAL<br>(FUNCIONAMIENTO DE LOS RECTIFICADORES)   |                         | OK  | OK              | OK                    | OK     | OK     |
| CAÍDA DE RED GENERAL DE TENSIÓN ALTERNA<br>(ENTRA EN FUNCIONAMIENTO EL SISTEMA DE BATERIAS)                     |                         | OK  | OK              | OK                    | OK     | OK     |
| RECUPERACIÓN DE LA RED GENERAL DE TENSIÓN ALTERNA<br>(FUNCIONAMIENTO DE LOS RECTIFICADORES Y CARGA DE BATERÍAS) |                         | OK  | OK              | OK                    | OK     | OK     |
|   |                         |   |                 |                       |        |        |
| OBSERVACIONES   |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                 |                       |        |        |

## 2. Hoja de Pruebas del Sistema de Transporte

### 2.1. Hoja de Pruebas de la red SDH

| PRUEBAS DE LA RED SDH       |                         |   |                          |                       |           |
|-----------------------------|-------------------------|---|--------------------------|-----------------------|-----------|
| LOCALIZACIÓN                | AEROPUERTO              |   | RESPONSABLE              | JEFE DE MANTENIMIENTO |           |
| EMPLAZAMIENTO               | TORRE DE CONTROL        |   |                          |                       |           |
| FECHA                       | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |                          |                       |           |
| EQUIPO                      | RAD MEGAPLEX MP-4100    |   | NÚMERO DE SERIE          | 11045938              |           |
|                             |                         |   |                          |                       |           |
| FUNCIONALIDAD               | TARJETA                 | RESULTADO   | FUNCIONALIDAD            | TARJETA               | RESULTADO |
|                             |                         | OK / NOK  |                          |                       | OK / NOK  |
| PROTECCIÓN<br>(REDUNDANCIA) | CL/2 (A)                | OK  | CONECTIVIDAD<br>ETHERNET | CL/2 (A)              | OK        |
|                             | CL/2 (B)                | OK  |                          | CL/2 (B)              | OK        |
|                             |                         |   |                          |                       |           |
| TARJETA                     | CANAL                   | RESULTADO   | TARJETA                  | CANAL                 | RESULTADO |
|                             |                         | OK / NOK  |                          |                       | OK / NOK  |
| VC8 E&M #1                  | CANAL 1                 | OK  | VC8 FXO                  | CANAL 1               | OK        |
|                             | CANAL 2                 | OK  |                          | CANAL 2               | OK        |
|                             | CANAL 3                 | OK  |                          | CANAL 3               | OK        |
|                             | CANAL 4                 | OK  |                          | CANAL 4               | OK        |
|                             | CANAL 5                 | OK  |                          | CANAL 5               | OK        |
|                             | CANAL 6                 | OK  |                          | CANAL 6               | OK        |
|                             | CANAL 7                 | OK  |                          | CANAL 7               | OK        |
|                             | CANAL 8                 | OK  |                          | CANAL 8               | OK        |
| VC8 E&M #2                  | CANAL 1                 | OK  | HS-RN                    | CANAL 1               | OK        |
|                             | CANAL 2                 | OK  |                          | CANAL 2               | OK        |
|                             | CANAL 3                 | OK  |                          | CANAL 3               | OK        |
|                             | CANAL 4                 | OK  |                          | CANAL 4               | OK        |
|                             | CANAL 5                 | OK  | HS-6N                    | CANAL 1               | OK        |
|                             | CANAL 6                 | OK  |                          | CANAL 2               | OK        |
|                             | CANAL 7                 | OK  |                          | CANAL 3               | OK        |
|                             | CANAL 8                 | OK  |                          | CANAL 4               | OK        |
| -                           | -                       | -   |                          | CANAL 5               | OK        |
|                             |                         |   |                          | CANAL 6               | OK        |
|                             |                         |   |                          |                       |           |
| OBSERVACIONES               |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                          |                       |           |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| PRUEBAS DE LA RED SDH       |                         |   |                          |                       |                       |    |
|-----------------------------|-------------------------|---|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----|
| LOCALIZACIÓN                | AEROPUERTO              | <b>RESPONSABLE</b>  |                          | JEFE DE MANTENIMIENTO |                       |    |
| EMPLAZAMIENTO               | CENTRO DE EMISORES      |   |                          |                       |                       |    |
| FECHA                       | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |                          |                       |                       |    |
| EQUIPO                      | RAD MEGAPLEX MP-4100    | NÚMERO DE SERIE   | 11045939                 |                       |                       |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| FUNCIONALIDAD               | TARJETA                 | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | FUNCIONALIDAD            | TARJETA               | RESULTADO<br>OK / NOK |    |
| PROTECCIÓN<br>(REDUNDANCIA) | CL/2 (A)                | OK  | CONECTIVIDAD<br>ETHERNET | CL/2 (A)              | OK                    |    |
|                             | CL/2 (B)                | OK  |                          | CL/2 (B)              | OK                    |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| TARJETA                     | CANAL                   | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | TARJETA                  | CANAL                 | RESULTADO<br>OK / NOK |    |
| VC8 E&M #1                  | CANAL 1                 | OK  | VC8 FXO                  | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | CANAL 2                 | OK  |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | CANAL 3                 | OK  |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | CANAL 4                 | OK  |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
|                             | CANAL 5                 | OK  |                          | CANAL 5               | OK                    |    |
|                             | CANAL 6                 | OK  |                          | CANAL 6               | OK                    |    |
|                             | CANAL 7                 | OK  |                          | CANAL 7               | OK                    |    |
|                             | CANAL 8                 | OK  |                          | CANAL 8               | OK                    |    |
| -                           | -                       | -   | HS-RN                    | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   | -                        | HS-6N                 | CANAL 1               | OK |
|                             |                         | -   | -                        |                       | CANAL 2               | OK |
|                             |                         | -   | -                        |                       | CANAL 3               | OK |
|                             |                         | -   | -                        |                       | CANAL 4               | OK |
| -                           | -                       | -   | CANAL 5                  | OK                    |                       |    |
| -                           | -                       | -   | CANAL 6                  | OK                    |                       |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| <b>OBSERVACIONES</b>        |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                          |                       |                       |    |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| PRUEBAS DE LA RED SDH       |                         |   |                          |                       |                       |    |
|-----------------------------|-------------------------|---|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----|
| LOCALIZACIÓN                | AEROPUERTO              | <b>RESPONSABLE</b>  |                          | JEFE DE MANTENIMIENTO |                       |    |
| EMPLAZAMIENTO               | LOCALIZADOR             |   |                          |                       |                       |    |
| FECHA                       | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |                          |                       |                       |    |
| EQUIPO                      | RAD MEGAPLEX MP-4100    | NÚMERO DE SERIE   | 11045940                 |                       |                       |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| FUNCIONALIDAD               | TARJETA                 | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | FUNCIONALIDAD            | TARJETA               | RESULTADO<br>OK / NOK |    |
| PROTECCIÓN<br>(REDUNDANCIA) | CL/2 (A)                | OK  | CONECTIVIDAD<br>ETHERNET | CL/2 (A)              | OK                    |    |
|                             | CL/2 (B)                | OK  |                          | CL/2 (B)              | OK                    |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| TARJETA                     | CANAL                   | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | TARJETA                  | CANAL                 | RESULTADO<br>OK / NOK |    |
| VC8 E&M #1                  | CANAL 1                 | OK  | VC8 FXO                  | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | CANAL 2                 | OK  |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | CANAL 3                 | OK  |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | CANAL 4                 | OK  |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
|                             | CANAL 5                 | OK  |                          | CANAL 5               | OK                    |    |
|                             | CANAL 6                 | OK  |                          | CANAL 6               | OK                    |    |
|                             | CANAL 7                 | OK  |                          | CANAL 7               | OK                    |    |
|                             | CANAL 8                 | OK  |                          | CANAL 8               | OK                    |    |
| -                           | -                       | -   | HS-RN                    | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   | HS-6N                    | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
| -                           | -                       | -   | -                        | -                     | CANAL 5               | OK |
| -                           | -                       | -   | -                        | -                     | CANAL 6               | OK |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| <b>OBSERVACIONES</b>        |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                          |                       |                       |    |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| PRUEBAS DE LA RED SDH       |                         |   |                          |                       |                       |    |
|-----------------------------|-------------------------|---|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----|
| LOCALIZACIÓN                | AEROPUERTO              | <b>RESPONSABLE</b>  |                          | JEFE DE MANTENIMIENTO |                       |    |
| EMPLAZAMIENTO               | DVOR                    |   |                          |                       |                       |    |
| FECHA                       | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |                          |                       |                       |    |
| EQUIPO                      | RAD MEGAPLEX MP-4100    | NÚMERO DE SERIE   | 11045941                 |                       |                       |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| FUNCIONALIDAD               | TARJETA                 | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | FUNCIONALIDAD            | TARJETA               | RESULTADO<br>OK / NOK |    |
| PROTECCIÓN<br>(REDUNDANCIA) | CL/2 (A)                | OK  | CONECTIVIDAD<br>ETHERNET | CL/2 (A)              | OK                    |    |
|                             | CL/2 (B)                | OK  |                          | CL/2 (B)              | OK                    |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| TARJETA                     | CANAL                   | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | TARJETA                  | CANAL                 | RESULTADO<br>OK / NOK |    |
| VC8 E&M #1                  | CANAL 1                 | OK  | VC8 FXO                  | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | CANAL 2                 | OK  |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | CANAL 3                 | OK  |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | CANAL 4                 | OK  |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
|                             | CANAL 5                 | OK  |                          | CANAL 5               | OK                    |    |
|                             | CANAL 6                 | OK  |                          | CANAL 6               | OK                    |    |
|                             | CANAL 7                 | OK  |                          | CANAL 7               | OK                    |    |
|                             | CANAL 8                 | OK  |                          | CANAL 8               | OK                    |    |
| -                           | -                       | -   | HS-RN                    | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   | HS-6N                    | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
| -                           | -                       | -   | -                        | -                     | CANAL 5               | OK |
| -                           | -                       | -   | -                        | -                     | CANAL 6               | OK |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| <b>OBSERVACIONES</b>        |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                          |                       |                       |    |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| PRUEBAS DE LA RED SDH       |                         |   |                          |                       |                       |    |
|-----------------------------|-------------------------|---|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----|
| LOCALIZACIÓN                | AEROPUERTO              | <b>RESPONSABLE</b>  |                          | JEFE DE MANTENIMIENTO |                       |    |
| EMPLAZAMIENTO               | SENDA                   |   |                          |                       |                       |    |
| FECHA                       | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |                          |                       |                       |    |
| EQUIPO                      | RAD MEGAPLEX MP-4100    | NÚMERO DE SERIE   | 11045942                 |                       |                       |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| FUNCIONALIDAD               | TARJETA                 | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | FUNCIONALIDAD            | TARJETA               | RESULTADO<br>OK / NOK |    |
| PROTECCIÓN<br>(REDUNDANCIA) | CL/2 (A)                | OK  | CONECTIVIDAD<br>ETHERNET | CL/2 (A)              | OK                    |    |
|                             | CL/2 (B)                | OK  |                          | CL/2 (B)              | OK                    |    |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| TARJETA                     | CANAL                   | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | TARJETA                  | CANAL                 | RESULTADO<br>OK / NOK |    |
| VC8 E&M #1                  | CANAL 1                 | OK  | VC8 FXO                  | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | CANAL 2                 | OK  |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | CANAL 3                 | OK  |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | CANAL 4                 | OK  |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
|                             | CANAL 5                 | OK  |                          | CANAL 5               | OK                    |    |
|                             | CANAL 6                 | OK  |                          | CANAL 6               | OK                    |    |
|                             | CANAL 7                 | OK  |                          | CANAL 7               | OK                    |    |
|                             | CANAL 8                 | OK  |                          | CANAL 8               | OK                    |    |
| -                           | -                       | -   | HS-RN                    | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   | HS-6N                    | CANAL 1               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 2               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 3               | OK                    |    |
|                             | -                       | -   |                          | CANAL 4               | OK                    |    |
| -                           | -                       | -   | -                        | -                     | CANAL 5               | OK |
| -                           | -                       | -   | -                        | -                     | CANAL 6               | OK |
|                             |                         |   |                          |                       |                       |    |
| <b>OBSERVACIONES</b>        |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                          |                       |                       |    |



## 2.2. Hoja de Pruebas de la red IP

| PRUEBAS DE LA RED IP                |                            |   |                             |                    |                  |
|-------------------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|--------------------|------------------|
| <b>LOCALIZACIÓN</b>                 | AEROPUERTO                 | <b>RESPONSABLE</b>  | JEFE DE MANTENIMIENTO       |                    |                  |
| <b>EMPLAZAMIENTO</b>                | TORRE DE CONTROL           |   |                             |                    |                  |
| <b>FECHA</b>                        | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013    |   |                             |                    |                  |
| <b>EQUIPO</b>                       | CISCO CATALYST 2960 24TC-S | <b>NÚMERO DE SERIE</b>                                      | CS094592384                 |                    |                  |
|                                     |                            |   |                             |                    |                  |
| <b>FUNCIONALIDAD</b>                | <b>PUERTO</b>              | <b>RESULTADO</b>  | <b>FUNCIONALIDAD</b>        | <b>PUERTO</b>      | <b>RESULTADO</b> |
|                                     |                            | <b>OK / NOK</b>   |                             |                    | <b>OK / NOK</b>  |
| <b>PROTECCIÓN<br/>(REDUNDANCIA)</b> | <b>PUERTO FO#1</b>         | OK  | <b>STP<br/>ACTIVADO</b>     | <b>PUERTO FO#1</b> | OK               |
|                                     | <b>PUERTO FO#2</b>         | OK  |                             | <b>PUERTO FO#2</b> | OK               |
|                                     |                            |   |                             |                    |                  |
| <b>EQUIPO</b>                       | <b>PUERTO</b>              | <b>RESULTADO</b>  | <b>EQUIPO</b>               | <b>PUERTO</b>      | <b>RESULTADO</b> |
|                                     |                            | <b>OK / NOK</b>   |                             |                    | <b>OK / NOK</b>  |
| <b>SWITCH<br/>2960 TC-S</b>         | <b>PUERTO 1</b>            | OK  | <b>SWITCH<br/>2960 TC-S</b> | <b>PUERTO 13</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 2</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 14</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 3</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 15</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 4</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 16</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 5</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 17</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 6</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 18</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 7</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 19</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 8</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 20</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 9</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 21</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 10</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 22</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 11</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 23</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 12</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 24</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO FO#1</b>         | OK  |                             | <b>PUERTO FO#2</b> | OK               |
| <b>OBSERVACIONES</b>                |                            | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                             |                    |                  |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| PRUEBAS DE LA RED IP     |                            |   |                  |                       |           |
|--------------------------|----------------------------|---|------------------|-----------------------|-----------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO                 |   | RESPONSABLE      | JEFE DE MANTENIMIENTO |           |
| EMPLAZAMIENTO            | CENTRO DE EMISORES         |   |                  |                       |           |
| FECHA                    | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013    |   |                  |                       |           |
| EQUIPO                   | CISCO CATALYST 2960 24TC-S |   | NÚMERO DE SERIE  | CS094592385           |           |
|                          |                            |   |                  |                       |           |
| FUNCIONALIDAD            | PUERTO                     | RESULTADO   | FUNCIONALIDAD    | PUERTO                | RESULTADO |
|                          |                            | OK / NOK  |                  |                       | OK / NOK  |
| PROTECCIÓN (REDUNDANCIA) | PUERTO FO#1                | OK  | STP ACTIVADO     | PUERTO FO#1           | OK        |
|                          | PUERTO FO#2                | OK  |                  | PUERTO FO#2           | OK        |
|                          |                            |   |                  |                       |           |
| EQUIPO                   | PUERTO                     | RESULTADO   | EQUIPO           | PUERTO                | RESULTADO |
|                          |                            | OK / NOK  |                  |                       | OK / NOK  |
| SWITCH 2960 TC-S         | PUERTO 1                   | OK  | SWITCH 2960 TC-S | PUERTO 13             | OK        |
|                          | PUERTO 2                   | OK  |                  | PUERTO 14             | OK        |
|                          | PUERTO 3                   | OK  |                  | PUERTO 15             | OK        |
|                          | PUERTO 4                   | OK  |                  | PUERTO 16             | OK        |
|                          | PUERTO 5                   | OK  |                  | PUERTO 17             | OK        |
|                          | PUERTO 6                   | OK  |                  | PUERTO 18             | OK        |
|                          | PUERTO 7                   | OK  |                  | PUERTO 19             | OK        |
|                          | PUERTO 8                   | OK  |                  | PUERTO 20             | OK        |
|                          | PUERTO 9                   | OK  |                  | PUERTO 21             | OK        |
|                          | PUERTO 10                  | OK  |                  | PUERTO 22             | OK        |
|                          | PUERTO 11                  | OK  |                  | PUERTO 23             | OK        |
|                          | PUERTO 12                  | OK  |                  | PUERTO 24             | OK        |
|                          | PUERTO FO#1                | OK  |                  | PUERTO FO#2           | OK        |
| OBSERVACIONES            |                            | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                  |                       |           |
|                          |                            |   |                  |                       |           |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| PRUEBAS DE LA RED IP                |                            |   |                             |                    |                  |
|-------------------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|--------------------|------------------|
| <b>LOCALIZACIÓN</b>                 | AEROPUERTO                 | <b>RESPONSABLE</b>  | JEFE DE MANTENIMIENTO       |                    |                  |
| <b>EMPLAZAMIENTO</b>                | LOCALIZADOR                |   |                             |                    |                  |
| <b>FECHA</b>                        | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013    |   |                             |                    |                  |
| <b>EQUIPO</b>                       | CISCO CATALYST 2960 24TC-S | <b>NÚMERO DE SERIE</b>                                      | CS094592386                 |                    |                  |
|                                     |                            |   |                             |                    |                  |
| <b>FUNCIONALIDAD</b>                | <b>PUERTO</b>              | <b>RESULTADO</b>  | <b>FUNCIONALIDAD</b>        | <b>PUERTO</b>      | <b>RESULTADO</b> |
|                                     |                            | <b>OK / NOK</b>   |                             |                    | <b>OK / NOK</b>  |
| <b>PROTECCIÓN<br/>(REDUNDANCIA)</b> | <b>PUERTO FO#1</b>         | OK  | <b>STP<br/>ACTIVADO</b>     | <b>PUERTO FO#1</b> | OK               |
|                                     | <b>PUERTO FO#2</b>         | OK  |                             | <b>PUERTO FO#2</b> | OK               |
|                                     |                            |   |                             |                    |                  |
| <b>EQUIPO</b>                       | <b>PUERTO</b>              | <b>RESULTADO</b>  | <b>EQUIPO</b>               | <b>PUERTO</b>      | <b>RESULTADO</b> |
|                                     |                            | <b>OK / NOK</b>   |                             |                    | <b>OK / NOK</b>  |
| <b>SWITCH<br/>2960 TC-S</b>         | <b>PUERTO 1</b>            | OK  | <b>SWITCH<br/>2960 TC-S</b> | <b>PUERTO 13</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 2</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 14</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 3</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 15</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 4</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 16</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 5</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 17</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 6</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 18</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 7</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 19</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 8</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 20</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 9</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 21</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 10</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 22</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 11</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 23</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 12</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 24</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO FO#1</b>         | OK  |                             | <b>PUERTO FO#2</b> | OK               |
|                                     |                            |   |                             |                    |                  |
| <b>OBSERVACIONES</b>                |                            | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                             |                    |                  |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| PRUEBAS DE LA RED IP                |                            |   |                             |                    |                  |
|-------------------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|--------------------|------------------|
| <b>LOCALIZACIÓN</b>                 | AEROPUERTO                 | <b>RESPONSABLE</b>  | JEFE DE MANTENIMIENTO       |                    |                  |
| <b>EMPLAZAMIENTO</b>                | DVOR                       |   |                             |                    |                  |
| <b>FECHA</b>                        | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013    |   |                             |                    |                  |
| <b>EQUIPO</b>                       | CISCO CATALYST 2960 24TC-S | <b>NÚMERO DE SERIE</b>                                      | CS094592387                 |                    |                  |
|                                     |                            |   |                             |                    |                  |
| <b>FUNCIONALIDAD</b>                | <b>PUERTO</b>              | <b>RESULTADO</b>  | <b>FUNCIONALIDAD</b>        | <b>PUERTO</b>      | <b>RESULTADO</b> |
|                                     |                            | <b>OK / NOK</b>   |                             |                    | <b>OK / NOK</b>  |
| <b>PROTECCIÓN<br/>(REDUNDANCIA)</b> | <b>PUERTO FO#1</b>         | OK  | <b>STP<br/>ACTIVADO</b>     | <b>PUERTO FO#1</b> | OK               |
|                                     | <b>PUERTO FO#2</b>         | OK  |                             | <b>PUERTO FO#2</b> | OK               |
|                                     |                            |   |                             |                    |                  |
| <b>EQUIPO</b>                       | <b>PUERTO</b>              | <b>RESULTADO</b>  | <b>EQUIPO</b>               | <b>PUERTO</b>      | <b>RESULTADO</b> |
|                                     |                            | <b>OK / NOK</b>   |                             |                    | <b>OK / NOK</b>  |
| <b>SWITCH<br/>2960 TC-S</b>         | <b>PUERTO 1</b>            | OK  | <b>SWITCH<br/>2960 TC-S</b> | <b>PUERTO 13</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 2</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 14</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 3</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 15</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 4</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 16</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 5</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 17</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 6</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 18</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 7</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 19</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 8</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 20</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 9</b>            | OK  |                             | <b>PUERTO 21</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 10</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 22</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 11</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 23</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO 12</b>           | OK  |                             | <b>PUERTO 24</b>   | OK               |
|                                     | <b>PUERTO FO#1</b>         | OK  |                             | <b>PUERTO FO#2</b> | OK               |
|                                     |                            |   |                             |                    |                  |
| <b>OBSERVACIONES</b>                |                            | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                             |                    |                  |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| PRUEBAS DE LA RED IP                |                            |   |                             |             |                       |
|-------------------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| <b>LOCALIZACIÓN</b>                 | AEROPUERTO                 | <b>RESPONSABLE</b>  | JEFE DE MANTENIMIENTO       |             |                       |
| <b>EMPLAZAMIENTO</b>                | SENDA                      |   |                             |             |                       |
| <b>FECHA</b>                        | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013    |   |                             |             |                       |
| <b>EQUIPO</b>                       | CISCO CATALYST 2960 24TC-S | <b>NÚMERO DE SERIE</b>                                      | CS094592388                 |             |                       |
|                                     |                            |   |                             |             |                       |
| FUNCIONALIDAD                       | PUERTO                     | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | FUNCIONALIDAD               | PUERTO      | RESULTADO<br>OK / NOK |
| <b>PROTECCIÓN<br/>(REDUNDANCIA)</b> | PUERTO FO#1                | OK  | <b>STP<br/>ACTIVADO</b>     | PUERTO FO#1 | OK                    |
|                                     | PUERTO FO#2                | OK  |                             | PUERTO FO#2 | OK                    |
|                                     |                            |   |                             |             |                       |
| EQUIPO                              | PUERTO                     | RESULTADO<br>OK / NOK                                       | EQUIPO                      | PUERTO      | RESULTADO<br>OK / NOK |
| <b>SWITCH<br/>2960 TC-S</b>         | PUERTO 1                   | OK  | <b>SWITCH<br/>2960 TC-S</b> | PUERTO 13   | OK                    |
|                                     | PUERTO 2                   | OK  |                             | PUERTO 14   | OK                    |
|                                     | PUERTO 3                   | OK  |                             | PUERTO 15   | OK                    |
|                                     | PUERTO 4                   | OK  |                             | PUERTO 16   | OK                    |
|                                     | PUERTO 5                   | OK  |                             | PUERTO 17   | OK                    |
|                                     | PUERTO 6                   | OK  |                             | PUERTO 18   | OK                    |
|                                     | PUERTO 7                   | OK  |                             | PUERTO 19   | OK                    |
|                                     | PUERTO 8                   | OK  |                             | PUERTO 20   | OK                    |
|                                     | PUERTO 9                   | OK  |                             | PUERTO 21   | OK                    |
|                                     | PUERTO 10                  | OK  |                             | PUERTO 22   | OK                    |
|                                     | PUERTO 11                  | OK  |                             | PUERTO 23   | OK                    |
|                                     | PUERTO 12                  | OK  |                             | PUERTO 24   | OK                    |
|                                     | PUERTO FO#1                | OK  |                             | PUERTO FO#2 | OK                    |
|                                     |                            |   |                             |             |                       |
| <b>OBSERVACIONES</b>                |                            | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |                             |             |                       |

### 3. Hoja de Pruebas del Sistema de Supervisión

| PRUEBAS DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN |                         |   |     |                       |      |    |                |     |     |      |    |
|------------------------------------|-------------------------|---|-----|-----------------------|------|----|----------------|-----|-----|------|----|
| LOCALIZACIÓN                       | AEROPUERTO              | <b>RESPONSABLE</b>  |     | JEFE DE MANTENIMIENTO |      |    |                |     |     |      |    |
| EMPLAZAMIENTO                      | TORRE DE CONTROL        |   |     |                       |      |    |                |     |     |      |    |
| FECHA                              | 4 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |   |     |                       |      |    |                |     |     |      |    |
|                                    |                         |   |     |                       |      |    |                |     |     |      |    |
| SOFTWARE                           | RADview-EMS             | LICENCIA  |     |                       |      |    | 00102-345938   |     |     |      |    |
| PRIORIDAD                          | ALARMAS                 | ¿SE ACTIVA?   |     |                       |      |    | ¿SE DESACTIVA? |     |     |      |    |
|                                    |                         | OK / NOK  |     |                       |      |    | OK / NOK       |     |     |      |    |
|                                    |                         | TWR   | CTX | LOC                   | DVOR | GP | TWR            | CTX | LOC | DVOR | GP |
| 1                                  | ALARMA CRÍTICA          | OK  | OK  | OK                    | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 2                                  | ALARMA MAYOR            | OK  | OK  | OK                    | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 3                                  | ALARMA MENOR            | OK  | OK  | OK                    | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 4                                  | EVENTO                  | OK  | OK  | OK                    | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 5                                  | NORMAL                  | OK  | OK  | OK                    | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
|                                    |                         |   |     |                       |      |    |                |     |     |      |    |
| SOFTWARE                           | PowCom                  | LICENCIA  |     |                       |      |    | FPE092873645   |     |     |      |    |
| PRIORIDAD                          | ALARMAS                 | ¿SE ACTIVA?   |     |                       |      |    | ¿SE DESACTIVA? |     |     |      |    |
|                                    |                         | OK / NOK  |     |                       |      |    | OK / NOK       |     |     |      |    |
|                                    |                         | TWR   | CTX | LOC                   | DVOR | GP | TWR            | CTX | LOC | DVOR | GP |
| 1                                  | ALARMA MAYOR            | OK  | OK  | OK                    | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 2                                  | ALARMA MENOR            | OK  | OK  | OK                    | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
| 3                                  | NORMAL                  | OK  | OK  | OK                    | OK   | OK | OK             | OK  | OK  | OK   | OK |
|                                    |                         |   |     |                       |      |    |                |     |     |      |    |
| OBSERVACIONES                      |                         | SE OBSERVA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO EN TODOS LOS EQUIPOS. |     |                       |      |    |                |     |     |      |    |

#### 4. Hoja de Pruebas del Medio de Transmisión

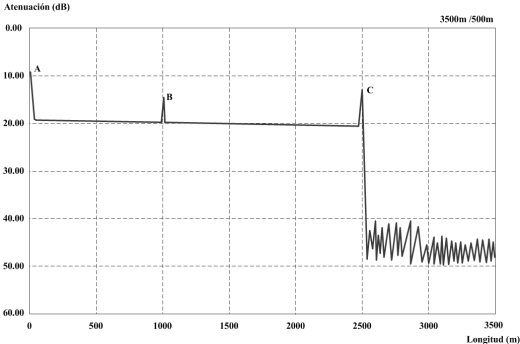
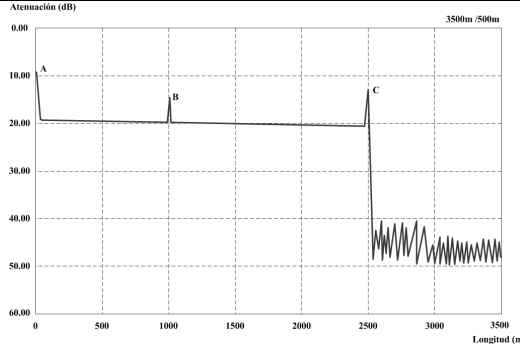
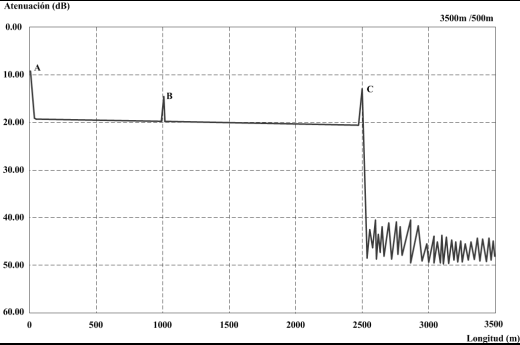
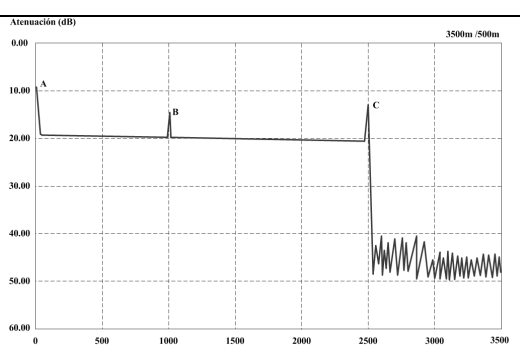
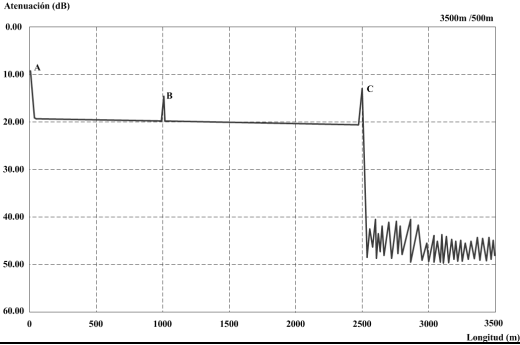
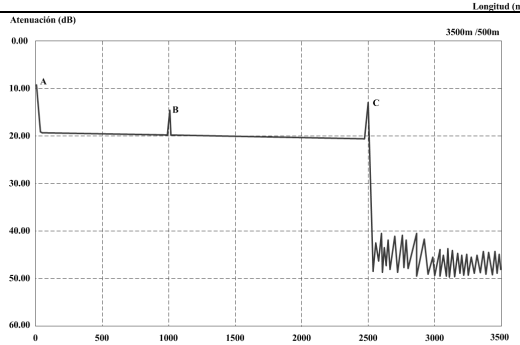
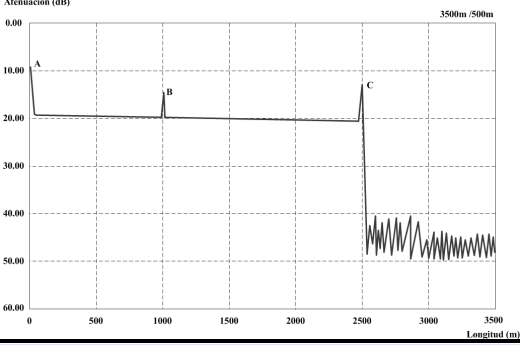
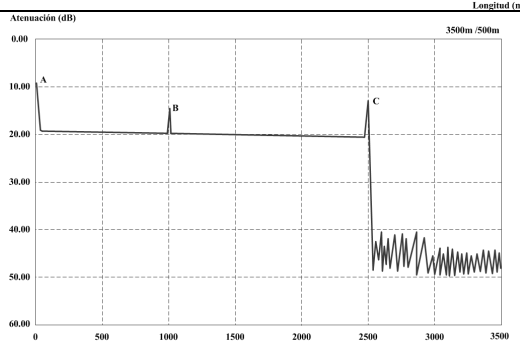
| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |            |                    |            |                       |
|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              |            | RESPONSABLE        |            | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | TORRE DE CONTROL        |            |                    |            |                       |
| EMPLAZAM. B              | CENTRO DE EMISORES      |            |                    |            |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |            |                    |            |                       |
| EQUIPO DE MEDIDA         | OTDR TS 1310nm          |            | NÚMERO DE SERIE    |            | NYC002013070600       |
| POTENCIA DE INYECCIÓN    | 10 dBm                  |            | LONGITUD DE ONDA   |            | 1310 nm               |
|                          |                         |            |                    |            |                       |
| FIBRA                    | TRAMO A-B (BOBINA)      |            | TRAMO B-C (ENLACE) |            | CARACTERÍSTICA        |
|                          | LONGITUD                | ATENUACIÓN | LONGITUD           | ATENUACIÓN | ATENUACIÓN            |
| UD                       | (km)                    | (dB)       | (km)               | (dB)       | (dB/km)               |
| 1                        | 1.0082                  | 0.393      | 1.4920             | 0.730      | 0,221                 |
| 2                        | 1.0082                  | 0.392      | 1.4921             | 0.729      | 0,220                 |
| 3                        | 1.0082                  | 0.390      | 1.4920             | 0.725      | 0,218                 |
| 4                        | 1.0082                  | 0.406      | 1.4922             | 0.755      | 0,238                 |
| 5                        | 1.0082                  | 0.404      | 1.4922             | 0.750      | 0,235                 |
| 6                        | 1.0082                  | 0.397      | 1.4921             | 0.736      | 0,225                 |
| 7                        | 1.0082                  | 0.390      | 1.4920             | 0.725      | 0,218                 |
| 8                        | 1.0082                  | 0.388      | 1.4920             | 0.721      | 0,215                 |
| 9                        | 1.0082                  | 0.393      | 1.4921             | 0.730      | 0,221                 |
| 10                       | 1.0082                  | 0.393      | 1.4921             | 0.731      | 0,222                 |
| 11                       | 1.0082                  | 0.393      | 1.4921             | 0.730      | 0,221                 |
| 12                       | 1.0082                  | 0.399      | 1.4922             | 0.742      | 0,229                 |
| 13                       | 1.0082                  | 0.395      | 1.4921             | 0.733      | 0,223                 |
| 14                       | 1.0082                  | 0.394      | 1.4920             | 0.731      | 0,222                 |
| 15                       | 1.0082                  | 0.389      | 1.4921             | 0.722      | 0,216                 |
| 16                       | 1.0082                  | 0.394      | 1.4921             | 0.733      | 0,223                 |
| 17                       | 1.0082                  | 0.393      | 1.4921             | 0.730      | 0,221                 |
| 18                       | 1.0082                  | 0.400      | 1.4922             | 0.742      | 0,229                 |
| 19                       | 1.0082                  | 0.397      | 1.4921             | 0.738      | 0,226                 |
| 20                       | 1.0082                  | 0.400      | 1.4922             | 0.743      | 0,230                 |
| 21                       | 1.0082                  | 0.413      | 1.4921             | 0.768      | 0,246                 |
| 22                       | 1.0082                  | 0.388      | 1.4920             | 0.721      | 0,215                 |
| 23                       | 1.0082                  | 0.392      | 1.4921             | 0.728      | 0,220                 |
| 24                       | 1.0082                  | 0.396      | 1.4921             | 0.735      | 0,225                 |
| Página 1 de 4            |                         |            |                    |            |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

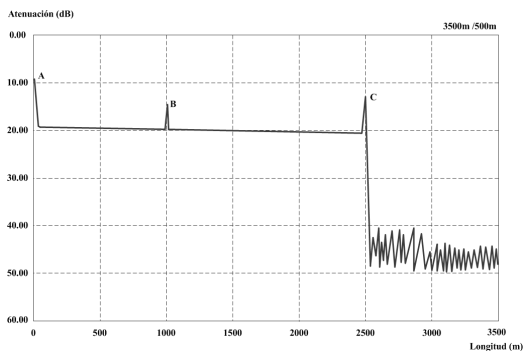
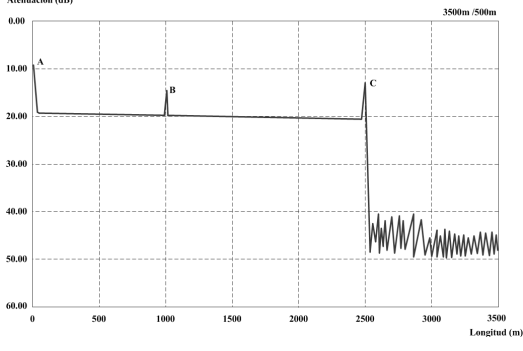
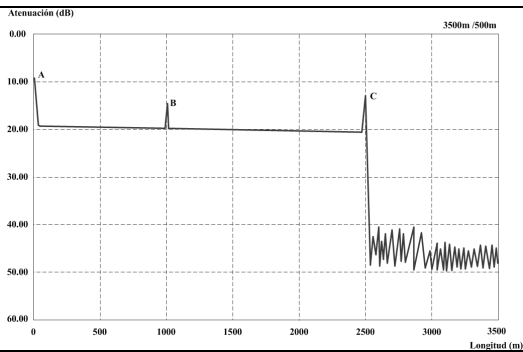
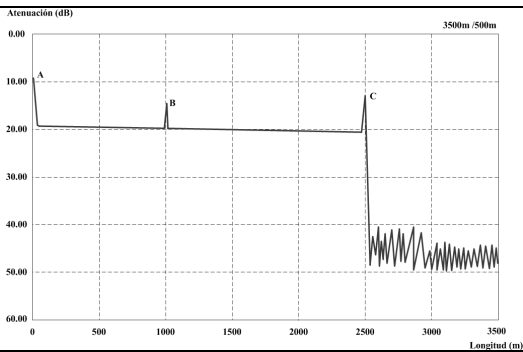
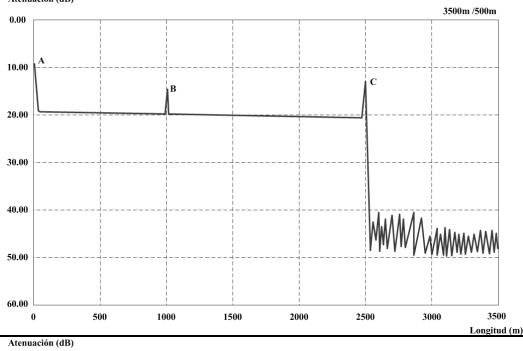
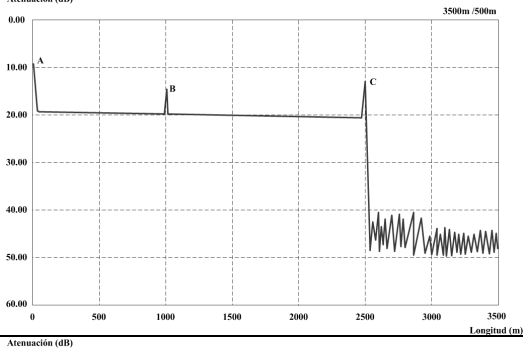
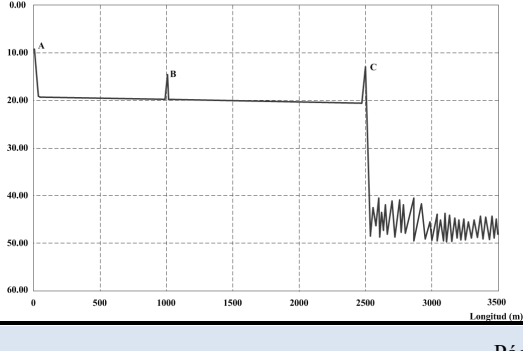
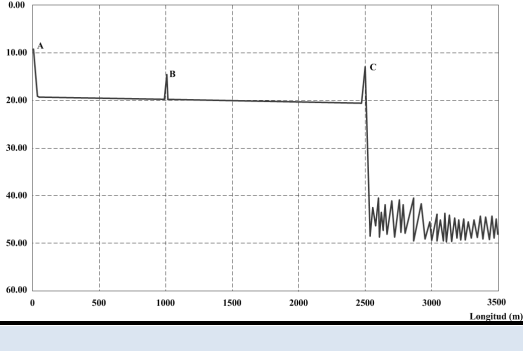
| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |             |                       |
|--------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | TORRE DE CONTROL        |             |                       |
| EMPLAZAM. B              | CENTRO DE EMISORES      |             |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |             |                       |
| CURVAS OTDR              |                         |             |                       |
| 1                        |                         |             |                       |
|                          | 2                       |             |                       |
| 3                        |                         |             |                       |
|                          | 4                       |             |                       |
| 5                        |                         |             |                       |
|                          | 6                       |             |                       |
| 7                        |                         |             |                       |
|                          | 8                       |             |                       |
| Página 2 de 4            |                         |             |                       |



SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |             |  |
|--------------------------|---|-------------|--|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO  |
| EMPLAZAM. A              | TORRE DE CONTROL  |             |  |
| EMPLAZAM. B              | CENTRO DE EMISORES  |             |  |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013   |             |  |
| CURVAS OTDR              |   |             |  |
| 9                        |    | 10          |    |
| 11                       |   | 12          |   |
| 13                       |  | 14          |  |
| 15                       |  | 16          |  |
| Página 3 de 4            |   |             |  |

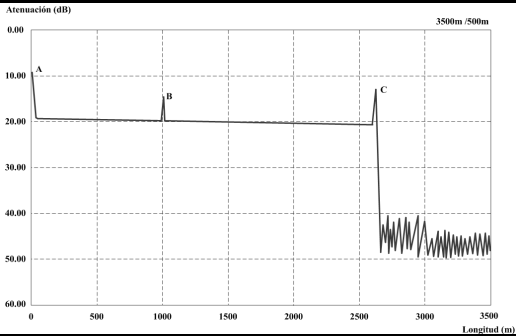
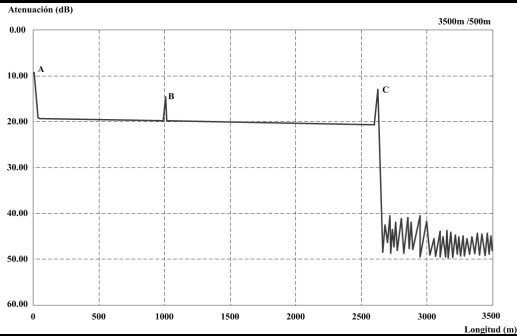
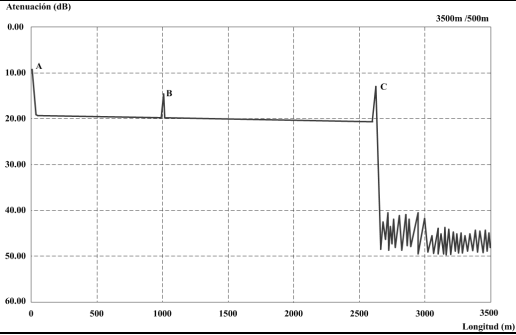
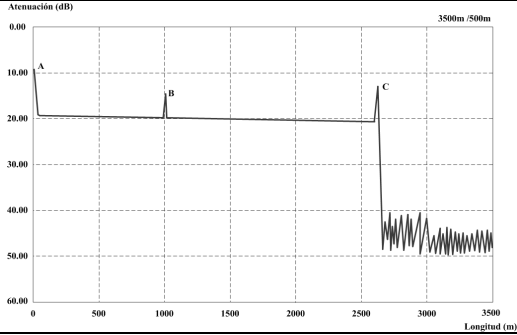
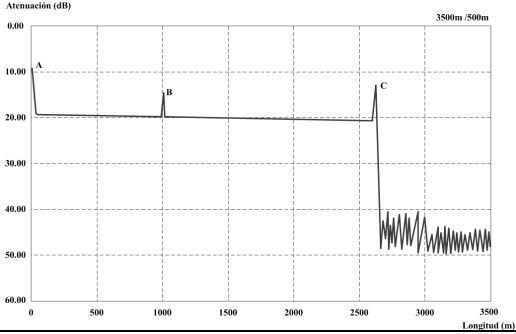
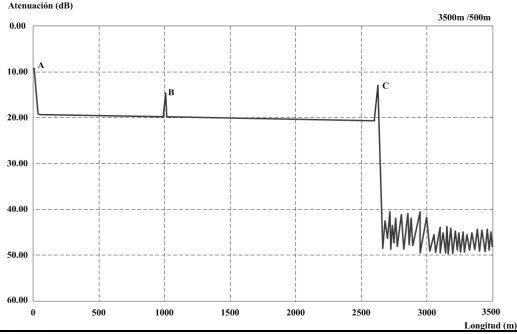
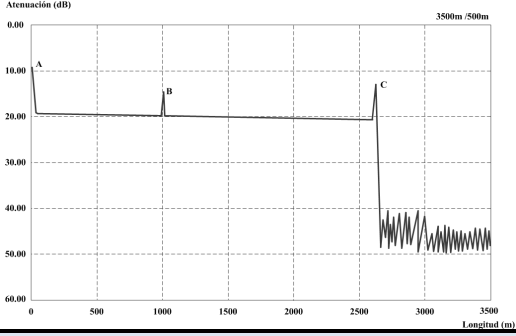
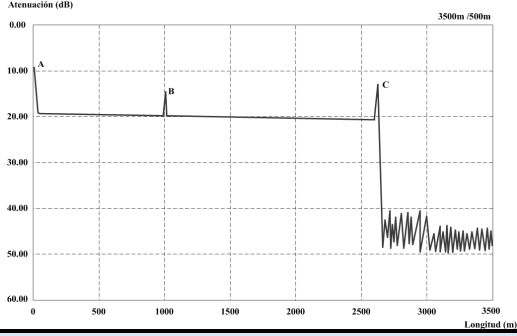
SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
|--------------------------|---|-------------------------|--|-------------|-----------------------|--|--|--|--|
| LOCALIZACIÓN             |   | AEROPUERTO              |  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO |  |  |  |  |
| EMPLAZAM. A              |   | TORRE DE CONTROL        |  |             |                       |  |  |  |  |
| EMPLAZAM. B              |   | CENTRO DE EMISORES      |  |             |                       |  |  |  |  |
| FECHA                    |   | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |  |             |                       |  |  |  |  |
| CURVAS OTDR              |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| 17                       |    |                         |  |             | 18                    |    |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| 19                       |   |                         |  |             | 20                    |   |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| 21                       |  |                         |  |             | 22                    |  |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| 23                       |  |                         |  |             | 24                    |  |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |
| Página 4 de 4            |   |                         |  |             |                       |  |  |  |  |

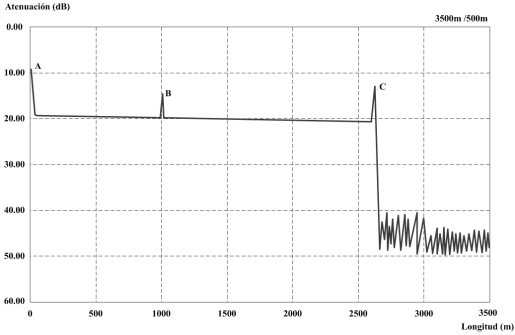
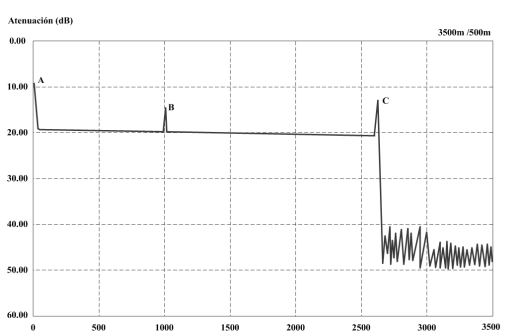
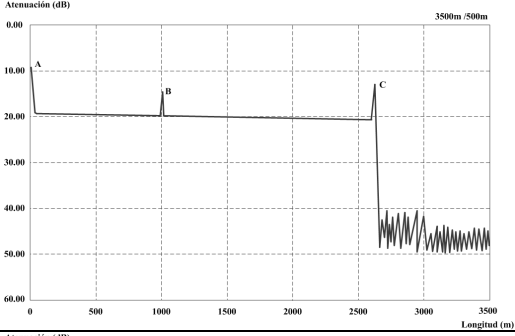
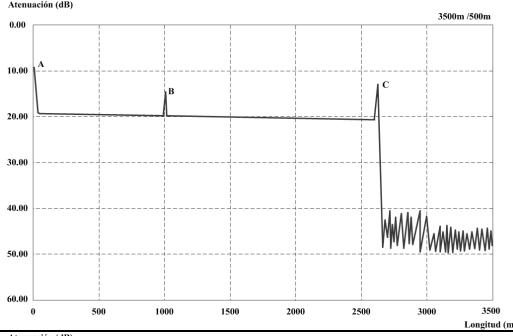
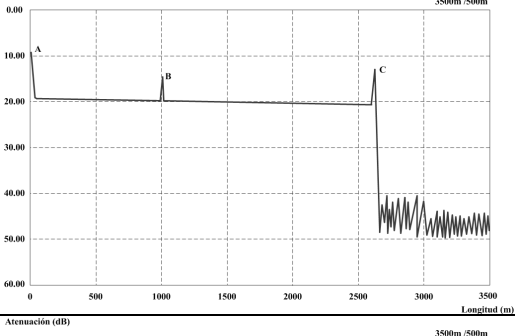
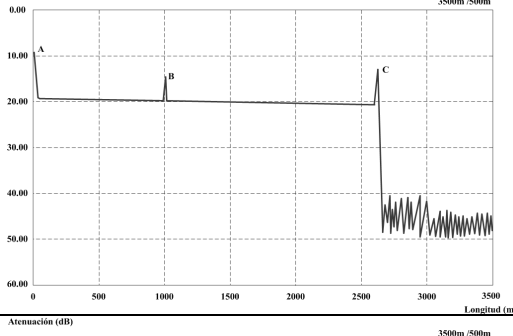
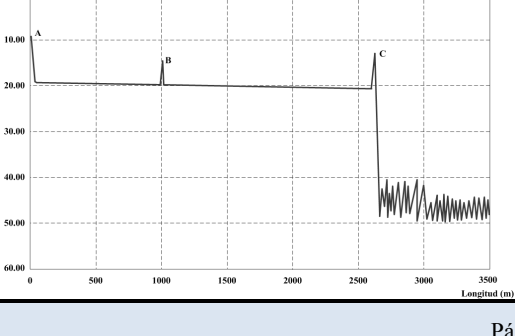
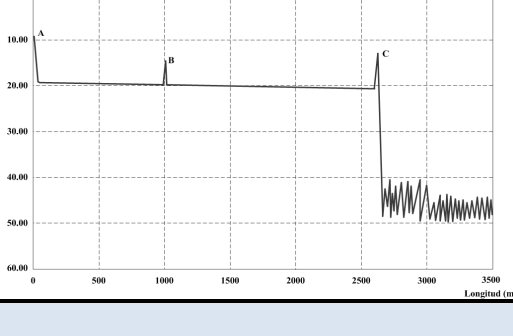
SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |            |                    |                       |                |
|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------|-----------------------|----------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              |            | RESPONSABLE        | JEFE DE MANTENIMIENTO |                |
| EMPLAZAM. A              | CENTRO DE EMISORES      |            |                    |                       |                |
| EMPLAZAM. B              | LOCALIZADOR             |            |                    |                       |                |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |            |                    |                       |                |
| EQUIPO DE MEDIDA         | OTDR TS 1310nm          |            | NÚMERO DE SERIE    | NYC002013070600       |                |
| POTENCIA DE INYECCIÓN    | 10 dBm                  |            | LONGITUD DE ONDA   | 1310 nm               |                |
|                          |                         |            |                    |                       |                |
| FIBRA                    | TRAMO A-B (BOBINA)      |            | TRAMO B-C (ENLACE) |                       | CARACTERÍSTICA |
|                          | LONGITUD                | ATENUACIÓN | LONGITUD           | ATENUACIÓN            | ATENUACIÓN     |
| UD                       | (km)                    | (dB)       | (km)               | (dB)                  | (dB/km)        |
| 1                        | 1,0082                  | 0,393      | 1,5920             | 0.750                 | 0,220          |
| 2                        | 1,0082                  | 0,392      | 1,5921             | 0.749                 | 0,219          |
| 3                        | 1,0082                  | 0,390      | 1,5920             | 0.745                 | 0,217          |
| 4                        | 1,0082                  | 0,406      | 1,5922             | 0.745                 | 0,216          |
| 5                        | 1,0082                  | 0,404      | 1,5922             | 0.740                 | 0,214          |
| 6                        | 1,0082                  | 0,397      | 1,5921             | 0.756                 | 0,224          |
| 7                        | 1,0082                  | 0,390      | 1,5920             | 0.745                 | 0,217          |
| 8                        | 1,0082                  | 0,388      | 1,5920             | 0.751                 | 0,220          |
| 9                        | 1,0082                  | 0,393      | 1,5921             | 0.750                 | 0,220          |
| 10                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,5921             | 0.741                 | 0,214          |
| 11                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,5921             | 0.740                 | 0,214          |
| 12                       | 1,0082                  | 0,399      | 1,5922             | 0.742                 | 0,215          |
| 13                       | 1,0082                  | 0,395      | 1,5921             | 0.753                 | 0,222          |
| 14                       | 1,0082                  | 0,394      | 1,5920             | 0.751                 | 0,221          |
| 15                       | 1,0082                  | 0,389      | 1,5921             | 0.742                 | 0,215          |
| 16                       | 1,0082                  | 0,394      | 1,5921             | 0.753                 | 0,221          |
| 17                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,5921             | 0.750                 | 0,220          |
| 18                       | 1,0082                  | 0,400      | 1,5922             | 0.752                 | 0,221          |
| 19                       | 1,0082                  | 0,397      | 1,5921             | 0.738                 | 0,212          |
| 20                       | 1,0082                  | 0,400      | 1,5922             | 0.743                 | 0,215          |
| 21                       | 1,0082                  | 0,413      | 1,5921             | 0.768                 | 0,231          |
| 22                       | 1,0082                  | 0,388      | 1,5920             | 0.751                 | 0,220          |
| 23                       | 1,0082                  | 0,392      | 1,5921             | 0.750                 | 0,220          |
| 24                       | 1,0082                  | 0,396      | 1,5921             | 0.745                 | 0,217          |
| Página 1 de 4            |                         |            |                    |                       |                |

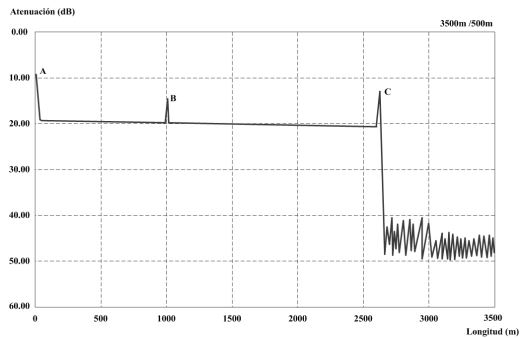
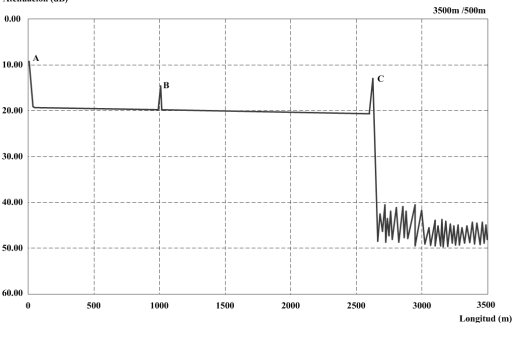
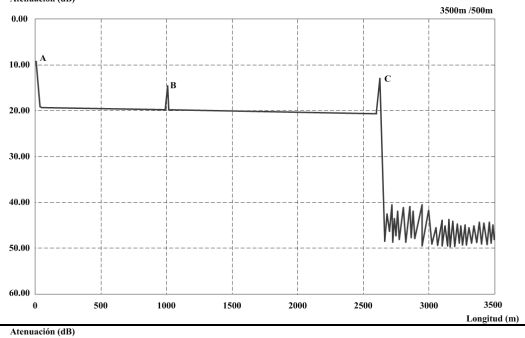
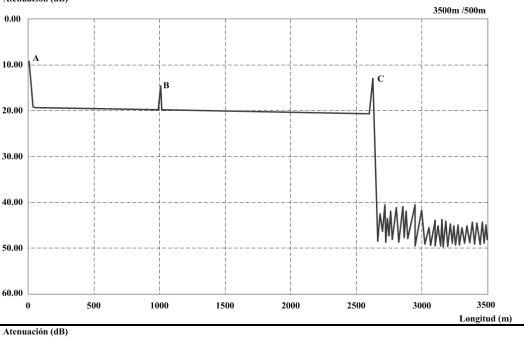
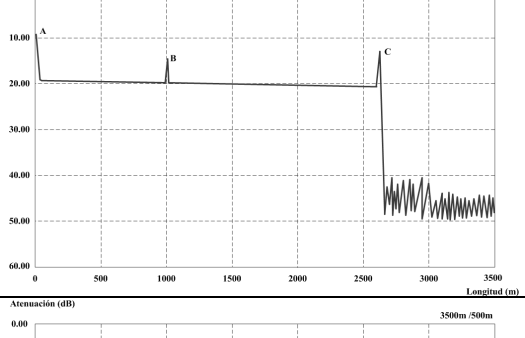
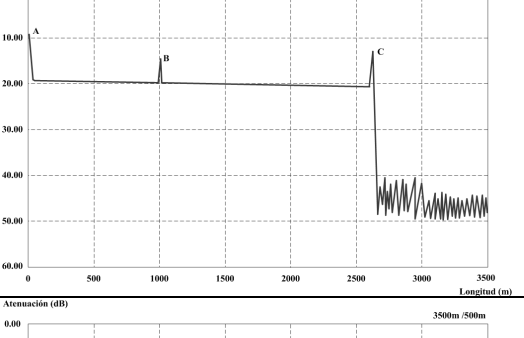
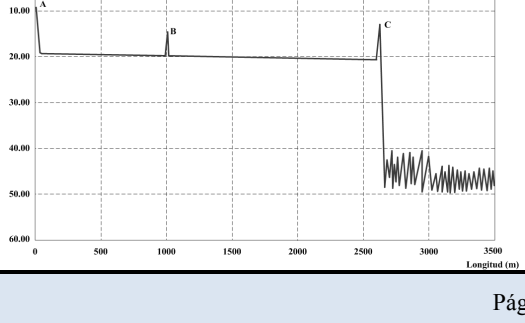
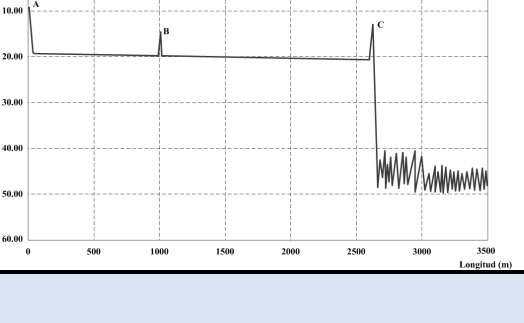
SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |  |             |                       |
|--------------------------|--|-------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO   | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | CENTRO DE EMISORES   |             |                       |
| EMPLAZAM. B              | LOCALIZADOR  |             |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013  |             |                       |
| CURVAS OTDR              |  |             |                       |
| 1                        |     |             | 2                     |
|                          |    |             |                       |
| 3                        |    |             | 4                     |
|                          |   |             |                       |
| 5                        |   |             | 6                     |
|                          |  |             |                       |
| 7                        |   |             | 8                     |
|                          |  |             |                       |
| Página 2 de 4            |  |             |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |  |             |                       |
|--------------------------|--|-------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO   | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | CENTRO DE EMISORES   |             |                       |
| EMPLAZAM. B              | LOCALIZADOR  |             |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013  |             |                       |
| CURVAS OTDR              |  |             |                       |
| 9                        |     |             | 10                    |
|                          |    |             |                       |
| 11                       |    |             | 12                    |
|                          |   |             |                       |
| 13                       |   |             | 14                    |
|                          |  |             |                       |
| 15                       |   |             | 16                    |
|                          |  |             |                       |
| Página 3 de 4            |  |             |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |                         |    |  |                       |
|--------------------------|---|-------------------------|----|--|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             |   | AEROPUERTO              |    | RESPONSABLE  | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              |   | CENTRO DE EMISORES      |    |  |                       |
| EMPLAZAM. B              |   | LOCALIZADOR             |    |  |                       |
| FECHA                    |   | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |    |  |                       |
| CURVAS OTDR              |   |                         |    |  |                       |
| 17                       |    |                         | 18 |    |                       |
|                          |   |                         |    |  |                       |
| 19                       |   |                         | 20 |   |                       |
|                          |   |                         |    |  |                       |
| 21                       |  |                         | 22 |  |                       |
|                          |   |                         |    |  |                       |
| 23                       |  |                         | 24 |  |                       |
|                          |   |                         |    |  |                       |
| Página 4 de 4            |   |                         |    |  |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |            |                    |            |                       |
|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              |            | RESPONSABLE        |            | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | LOCALIZADOR             |            |                    |            |                       |
| EMPLAZAM. B              | DVOR                    |            |                    |            |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |            |                    |            |                       |
| EQUIPO DE MEDIDA         | OTDR TS 1310nm          |            | NÚMERO DE SERIE    |            | NYC002013070600       |
| POTENCIA DE INYECCIÓN    | 10 dBm                  |            | LONGITUD DE ONDA   |            | 1310 nm               |
|                          |                         |            |                    |            |                       |
| FIBRA                    | TRAMO A-B (BOBINA)      |            | TRAMO B-C (ENLACE) |            | CARACTERÍSTICA        |
|                          | LONGITUD                | ATENUACIÓN | LONGITUD           | ATENUACIÓN | ATENUACIÓN            |
| UD                       | (km)                    | (dB)       | (km)               | (dB)       | (dB/km)               |
| 1                        | 1,0082                  | 0,393      | 2,5061             | 0.980      | 0,231                 |
| 2                        | 1,0082                  | 0,392      | 2,5160             | 0.941      | 0,215                 |
| 3                        | 1,0082                  | 0,390      | 2,5062             | 0.949      | 0,219                 |
| 4                        | 1,0082                  | 0,406      | 2,5063             | 0.967      | 0,226                 |
| 5                        | 1,0082                  | 0,404      | 2,5059             | 0.935      | 0,214                 |
| 6                        | 1,0082                  | 0,397      | 2,5060             | 0.936      | 0,214                 |
| 7                        | 1,0082                  | 0,390      | 2,5065             | 0.936      | 0,214                 |
| 8                        | 1,0082                  | 0,388      | 2,5061             | 0.944      | 0,217                 |
| 9                        | 1,0082                  | 0,393      | 2,5062             | 0.946      | 0,218                 |
| 10                       | 1,0082                  | 0,393      | 2,5064             | 0.945      | 0,217                 |
| 11                       | 1,0082                  | 0,393      | 2,5060             | 0.950      | 0,219                 |
| 12                       | 1,0082                  | 0,399      | 2,5062             | 0.932      | 0,212                 |
| 13                       | 1,0082                  | 0,395      | 2,5061             | 0.938      | 0,215                 |
| 14                       | 1,0082                  | 0,394      | 2,5058             | 0.937      | 0,214                 |
| 15                       | 1,0082                  | 0,389      | 2,5064             | 0.951      | 0,220                 |
| 16                       | 1,0082                  | 0,394      | 2,5060             | 0.942      | 0,216                 |
| 17                       | 1,0082                  | 0,393      | 2,5065             | 0.970      | 0,227                 |
| 18                       | 1,0082                  | 0,400      | 2,5059             | 0.931      | 0,212                 |
| 19                       | 1,0082                  | 0,397      | 2,5063             | 0.942      | 0,216                 |
| 20                       | 1,0082                  | 0,400      | 2,5067             | 0.931      | 0,212                 |
| 21                       | 1,0082                  | 0,413      | 2,5057             | 0.940      | 0,215                 |
| 22                       | 1,0082                  | 0,388      | 2,5063             | 0.944      | 0,217                 |
| 23                       | 1,0082                  | 0,392      | 2,5068             | 0.941      | 0,216                 |
| 24                       | 1,0082                  | 0,396      | 2,5055             | 0.967      | 0,226                 |
| Página 1 de 4            |                         |            |                    |            |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |                    |                       |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|
| <b>LOCALIZACIÓN</b>      | AEROPUERTO              | <b>RESPONSABLE</b> | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| <b>EMPLAZAM. A</b>       | LOCALIZADOR             |                    |                       |
| <b>EMPLAZAM. B</b>       | DVOR                    |                    |                       |
| <b>FECHA</b>             | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |                    |                       |
| CURVAS OTDR              |                         |                    |                       |
| 1                        |                         | 2                  |                       |
| 3                        |                         | 4                  |                       |
| 5                        |                         | 6                  |                       |
| 7                        |                         | 8                  |                       |
| Página 2 de 4            |                         |                    |                       |



SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |             |                       |
|--------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | LOCALIZADOR             |             |                       |
| EMPLAZAM. B              | DVOR                    |             |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |             |                       |
|                          |                         |             |                       |
| CURVAS OTDR              |                         |             |                       |
| 9                        |                         | 10          |                       |
|                          |                         |             |                       |
| 11                       |                         | 12          |                       |
|                          |                         |             |                       |
| 13                       |                         | 14          |                       |
|                          |                         |             |                       |
| 15                       |                         | 16          |                       |
|                          |                         |             |                       |
| Página 3 de 4            |                         |             |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |                    |                       |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|
| <b>LOCALIZACIÓN</b>      | AEROPUERTO              | <b>RESPONSABLE</b> | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| <b>EMPLAZAM. A</b>       | LOCALIZADOR             |                    |                       |
| <b>EMPLAZAM. B</b>       | DVOR                    |                    |                       |
| <b>FECHA</b>             | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |                    |                       |
| CURVAS OTDR              |                         |                    |                       |
| 17                       |                         | 18                 |                       |
| 19                       |                         | 20                 |                       |
| 21                       |                         | 22                 |                       |
| 23                       |                         | 24                 |                       |
| Página 4 de 4            |                         |                    |                       |

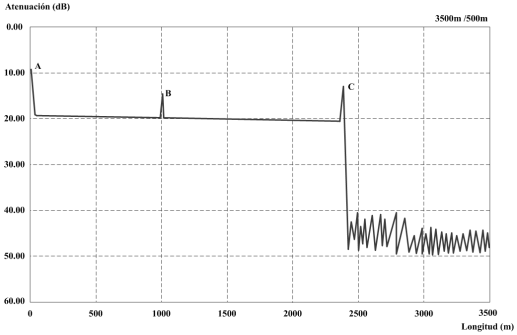
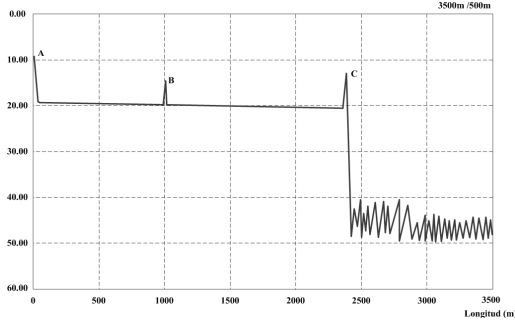
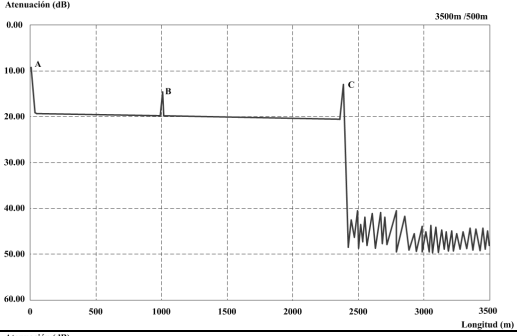
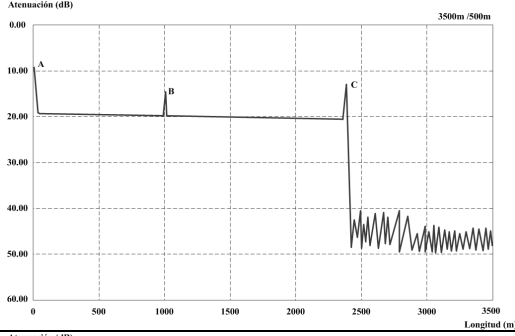
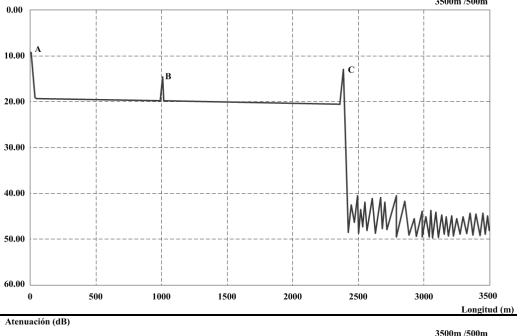
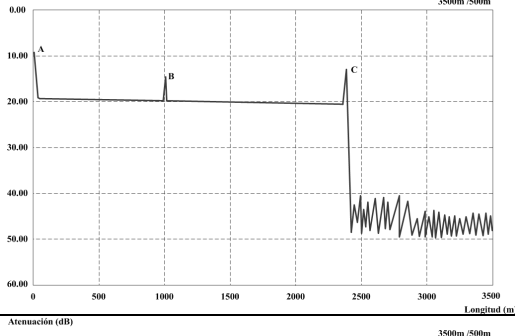
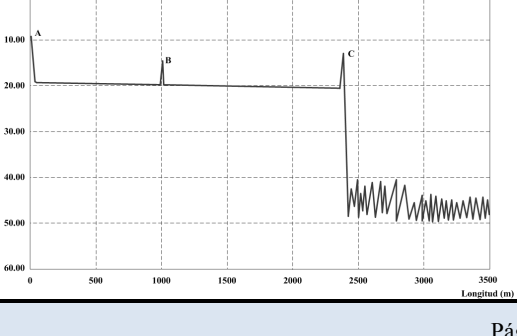
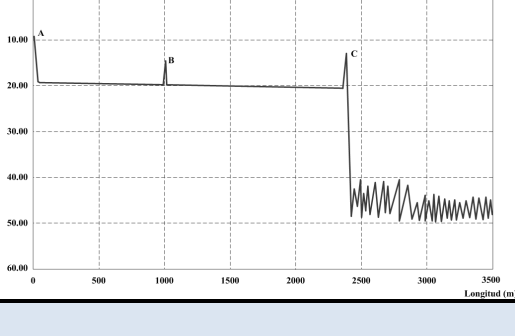
SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |            |                    |            |                       |
|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              |            | RESPONSABLE        |            | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | DVOR                    |            |                    |            |                       |
| EMPLAZAM. B              | SENDA                   |            |                    |            |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |            |                    |            |                       |
| EQUIPO DE MEDIDA         | OTDR TS 1310nm          |            | NÚMERO DE SERIE    |            | NYC002013070600       |
| POTENCIA DE INYECCIÓN    | 10 dBm                  |            | LONGITUD DE ONDA   |            | 1310 nm               |
|                          |                         |            |                    |            |                       |
| FIBRA                    | TRAMO A-B (BOBINA)      |            | TRAMO B-C (ENLACE) |            | CARACTERÍSTICA        |
|                          | LONGITUD                | ATENUACIÓN | LONGITUD           | ATENUACIÓN | ATENUACIÓN            |
| UD                       | (km)                    | (dB)       | (km)               | (dB)       | (dB/km)               |
| 1                        | 1,0082                  | 0,393      | 1,3970             | 0.720      | 0,229                 |
| 2                        | 1,0082                  | 0,392      | 1,3971             | 0.721      | 0,230                 |
| 3                        | 1,0082                  | 0,390      | 1,3974             | 0.728      | 0,235                 |
| 4                        | 1,0082                  | 0,406      | 1,3971             | 0.704      | 0,217                 |
| 5                        | 1,0082                  | 0,404      | 1,3973             | 0.708      | 0,220                 |
| 6                        | 1,0082                  | 0,397      | 1,3970             | 0.716      | 0,227                 |
| 7                        | 1,0082                  | 0,390      | 1,3971             | 0.727      | 0,234                 |
| 8                        | 1,0082                  | 0,388      | 1,3972             | 0.727      | 0,234                 |
| 9                        | 1,0082                  | 0,393      | 1,3970             | 0.724      | 0,232                 |
| 10                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,3973             | 0.719      | 0,228                 |
| 11                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,3970             | 0.725      | 0,233                 |
| 12                       | 1,0082                  | 0,399      | 1,3971             | 0.712      | 0,223                 |
| 13                       | 1,0082                  | 0,395      | 1,3970             | 0.718      | 0,228                 |
| 14                       | 1,0082                  | 0,394      | 1,3972             | 0.716      | 0,226                 |
| 15                       | 1,0082                  | 0,389      | 1,3970             | 0.726      | 0,233                 |
| 16                       | 1,0082                  | 0,394      | 1,3971             | 0.720      | 0,229                 |
| 17                       | 1,0082                  | 0,393      | 1,3973             | 0.723      | 0,231                 |
| 18                       | 1,0082                  | 0,400      | 1,3974             | 0.717      | 0,227                 |
| 19                       | 1,0082                  | 0,397      | 1,3971             | 0.720      | 0,229                 |
| 20                       | 1,0082                  | 0,400      | 1,3970             | 0.716      | 0,226                 |
| 21                       | 1,0082                  | 0,413      | 1,3970             | 0.704      | 0,217                 |
| 22                       | 1,0082                  | 0,388      | 1,3971             | 0.722      | 0,230                 |
| 23                       | 1,0082                  | 0,392      | 1,3973             | 0.725      | 0,233                 |
| 24                       | 1,0082                  | 0,396      | 1,3970             | 0.714      | 0,225                 |
| Página 1 de 4            |                         |            |                    |            |                       |

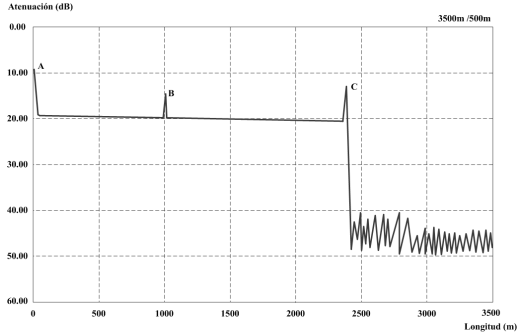
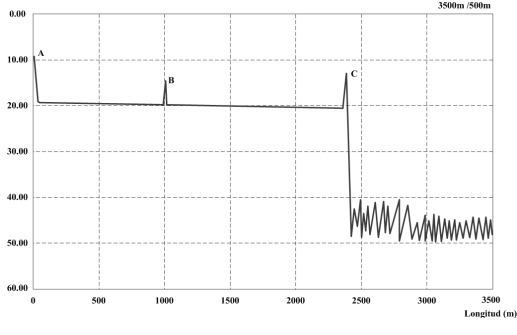
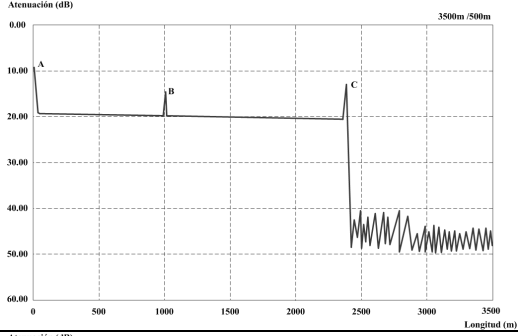
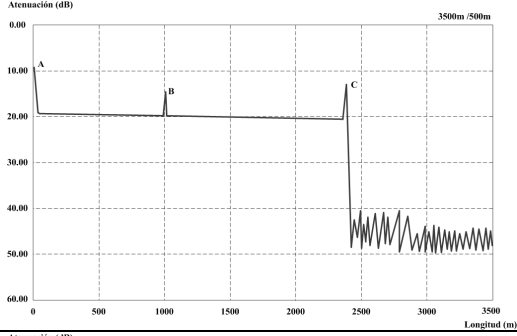
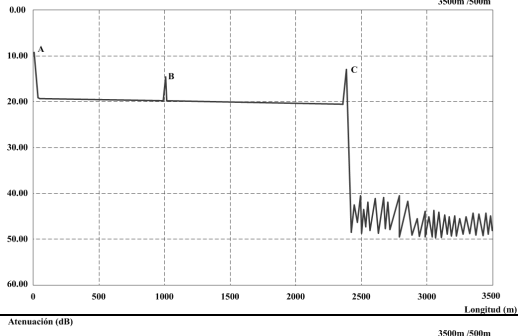
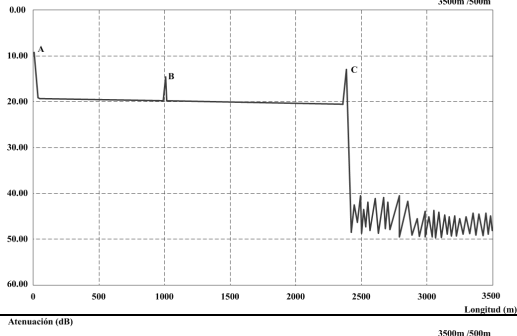
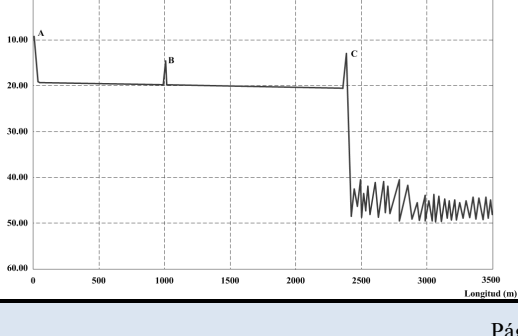
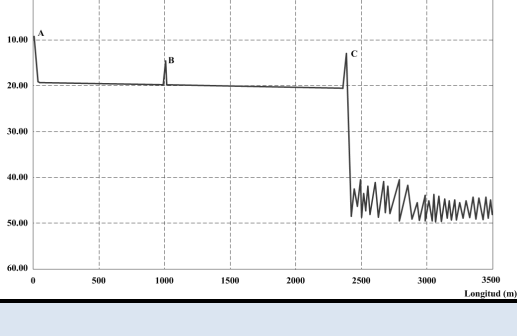
SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |             |                       |
|--------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | DVOR                    |             |                       |
| EMPLAZAM. B              | SENDA                   |             |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |             |                       |
| CURVAS OTDR              |                         |             |                       |
| 1                        |                         |             |                       |
|                          | 2                       |             |                       |
| 3                        |                         |             |                       |
|                          | 4                       |             |                       |
| 5                        |                         |             |                       |
|                          | 6                       |             |                       |
| 7                        |                         |             |                       |
|                          | 8                       |             |                       |
| Página 2 de 4            |                         |             |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |             |  |
|--------------------------|---|-------------|--|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO  |
| EMPLAZAM. A              | DVOR  |             |  |
| EMPLAZAM. B              | SENDA   |             |  |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013   |             |  |
| CURVAS OTDR              |   |             |  |
| 9                        |    | 10          |    |
| 11                       |   | 12          |   |
| 13                       |  | 14          |  |
| 15                       |  | 16          |  |
| Página 3 de 4            |   |             |  |

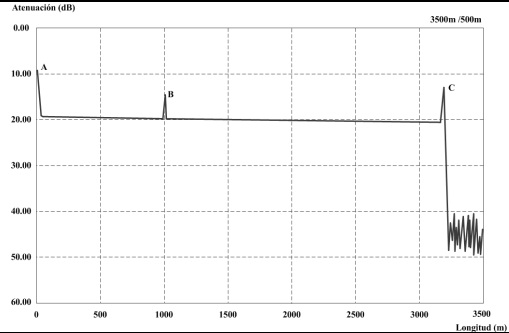
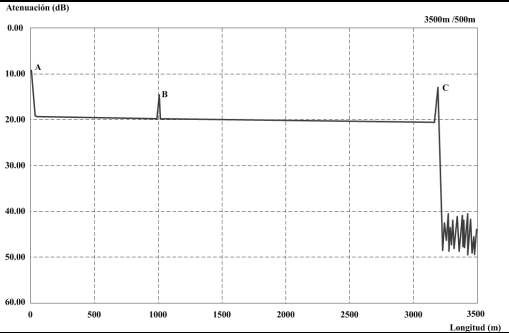
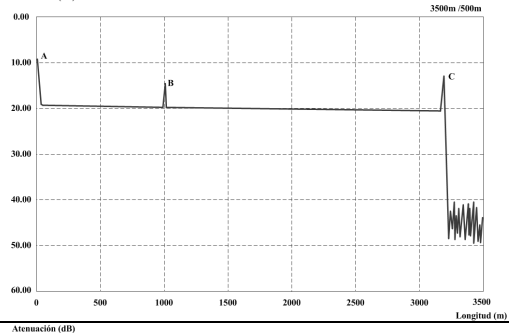
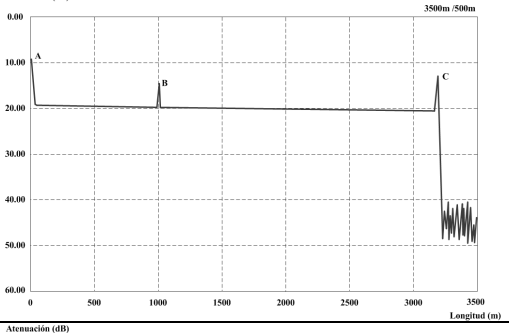
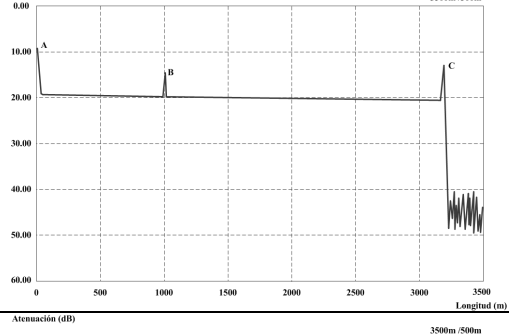
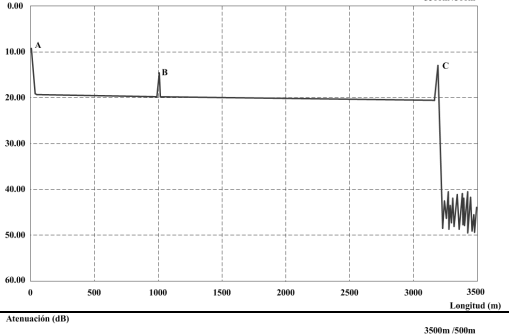
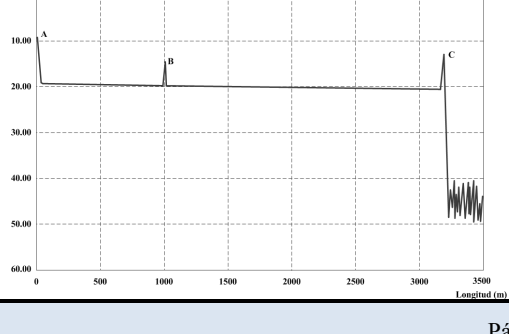

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |                         |  |             |  |  |  |
|--------------------------|---|-------------------------|--|-------------|--|--|--|
| LOCALIZACIÓN             |   | AEROPUERTO              |  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO  |  |  |
| EMPLAZAM. A              |   | DVOR                    |  |             |  |  |  |
| EMPLAZAM. B              |   | SENDA                   |  |             |  |  |  |
| FECHA                    |   | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |  |             |  |  |  |
| CURVAS OTDR              |   |                         |  |             |  |  |  |
| 17                       |    |                         |  | 18          |    |  |  |
|                          |   |                         |  |             |  |  |  |
| 19                       |   |                         |  | 20          |   |  |  |
|                          |   |                         |  |             |  |  |  |
| 21                       |  |                         |  | 22          |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |  |  |  |
| 23                       |  |                         |  | 24          |  |  |  |
|                          |   |                         |  |             |  |  |  |
| Página 4 de 4            |   |                         |  |             |  |  |  |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

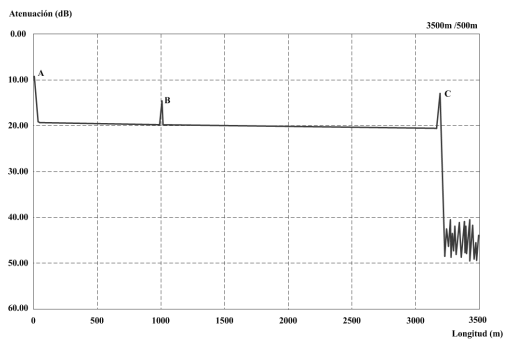
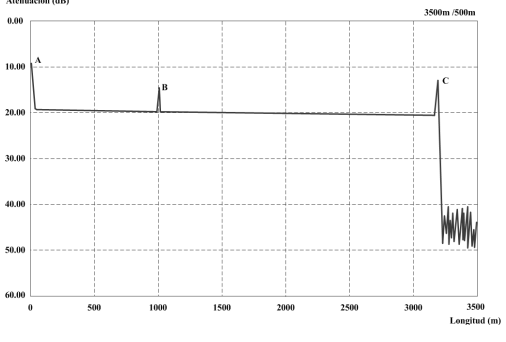
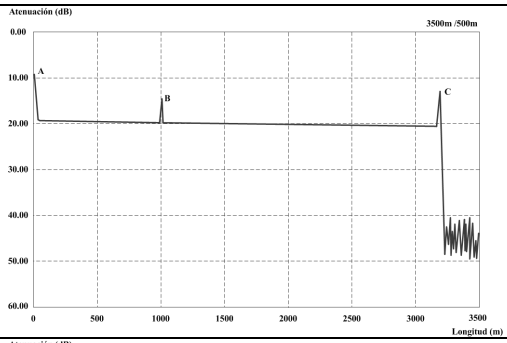
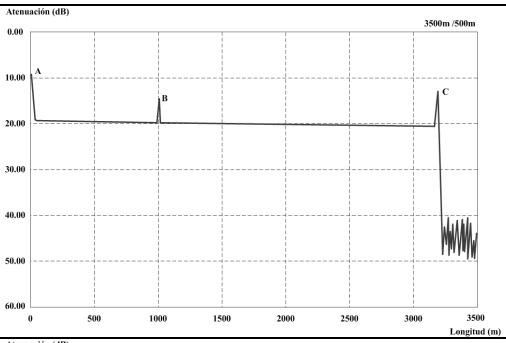
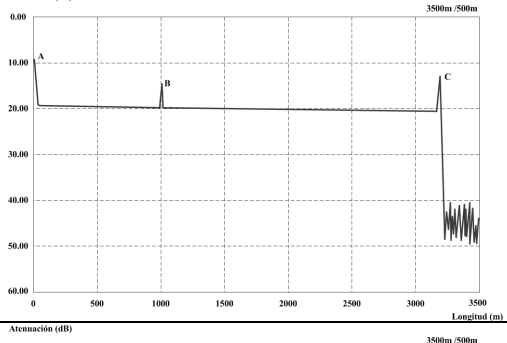
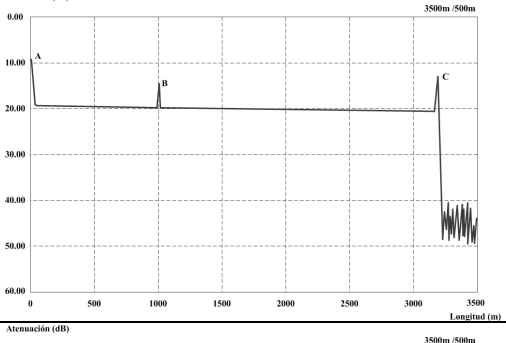


| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |                         |            |                    |            |                       |
|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO              |            | RESPONSABLE        |            | JEFE DE MANTENIMIENTO |
| EMPLAZAM. A              | SENDA                   |            |                    |            |                       |
| EMPLAZAM. B              | TORRE DE CONTROL        |            |                    |            |                       |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013 |            |                    |            |                       |
| EQUIPO DE MEDIDA         | OTDR TS 1310nm          |            | NÚMERO DE SERIE    |            | NYC002013070600       |
| POTENCIA DE INYECCIÓN    | 10 dBm                  |            | LONGITUD DE ONDA   |            | 1310 nm               |
|                          |                         |            |                    |            |                       |
| FIBRA                    | TRAMO A-B (BOBINA)      |            | TRAMO B-C (ENLACE) |            | CARACTERÍSTICA        |
|                          | LONGITUD                | ATENUACIÓN | LONGITUD           | ATENUACIÓN | ATENUACIÓN            |
| UD                       | (km)                    | (dB)       | (km)               | (dB)       | (dB/km)               |
| 1                        | 1,0082                  | 0,393      | 2,1970             | 0.897      | 0,226                 |
| 2                        | 1,0082                  | 0,392      | 2,1971             | 0.900      | 0,227                 |
| 3                        | 1,0082                  | 0,390      | 2,1975             | 0.904      | 0,229                 |
| 4                        | 1,0082                  | 0,406      | 2,1972             | 0.886      | 0,221                 |
| 5                        | 1,0082                  | 0,404      | 2,1970             | 0.886      | 0,221                 |
| 6                        | 1,0082                  | 0,397      | 2,1971             | 0.895      | 0,226                 |
| 7                        | 1,0082                  | 0,390      | 2,1973             | 0.902      | 0,228                 |
| 8                        | 1,0082                  | 0,388      | 2,1970             | 0.904      | 0,229                 |
| 9                        | 1,0082                  | 0,393      | 2,1975             | 0.901      | 0,228                 |
| 10                       | 1,0082                  | 0,393      | 2,1971             | 0.899      | 0,227                 |
| 11                       | 1,0082                  | 0,393      | 2,1970             | 0.897      | 0,226                 |
| 12                       | 1,0082                  | 0,399      | 2,1978             | 0.892      | 0,224                 |
| 13                       | 1,0082                  | 0,395      | 2,1970             | 0.897      | 0,226                 |
| 14                       | 1,0082                  | 0,394      | 2,1972             | 0.898      | 0,227                 |
| 15                       | 1,0082                  | 0,389      | 2,1975             | 0.905      | 0,230                 |
| 16                       | 1,0082                  | 0,394      | 2,1971             | 0.902      | 0,228                 |
| 17                       | 1,0082                  | 0,393      | 2,1970             | 0.903      | 0,229                 |
| 18                       | 1,0082                  | 0,400      | 2,1970             | 0.892      | 0,224                 |
| 19                       | 1,0082                  | 0,397      | 2,1971             | 0.895      | 0,225                 |
| 20                       | 1,0082                  | 0,400      | 2,1976             | 0.891      | 0,223                 |
| 21                       | 1,0082                  | 0,413      | 2,1972             | 0.879      | 0,218                 |
| 22                       | 1,0082                  | 0,388      | 2,1973             | 0.902      | 0,228                 |
| 23                       | 1,0082                  | 0,392      | 2,1978             | 0.900      | 0,228                 |
| 24                       | 1,0082                  | 0,396      | 2,1972             | 0.895      | 0,225                 |
| Página 1 de 4            |                         |            |                    |            |                       |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

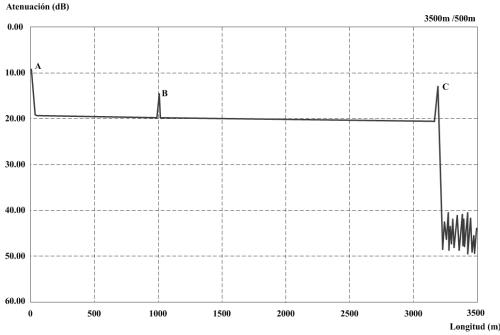
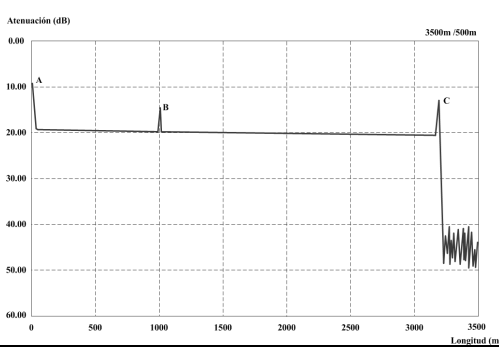
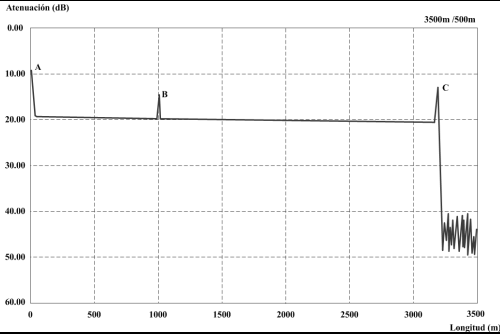
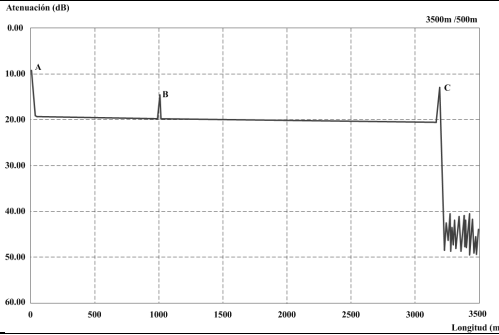
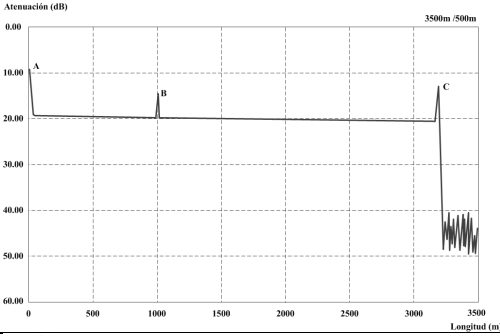
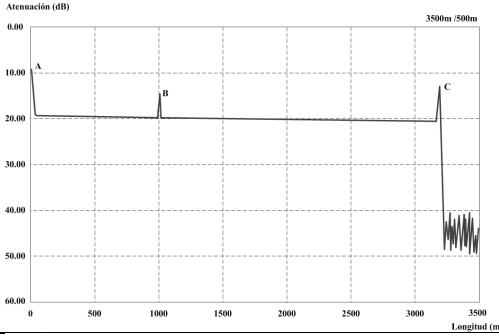
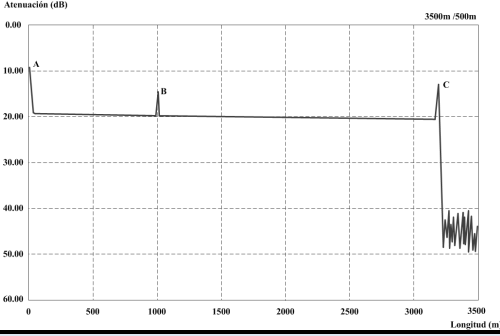
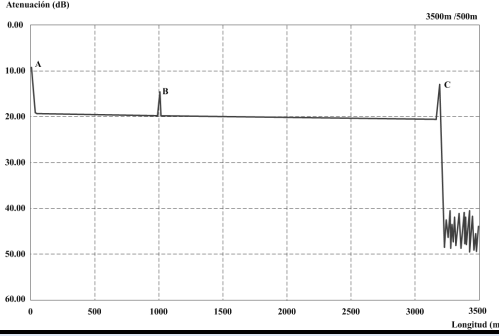
| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |             |  |
|--------------------------|---|-------------|--|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO  |
| EMPLAZAM. A              | SENDA   |             |  |
| EMPLAZAM. B              | TORRE DE CONTROL  |             |  |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013   |             |  |
| CURVAS OTDR              |   |             |  |
| 1                        |    | 2           |    |
| 3                        |   | 4           |   |
| 5                        |  | 6           |  |
| 7                        |  | 8           |  |
| Página 2 de 4            |   |             |  |



SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |             |  |
|--------------------------|---|-------------|--|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO  |
| EMPLAZAM. A              | SENDA   |             |  |
| EMPLAZAM. B              | TORRE DE CONTROL  |             |  |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013   |             |  |
| CURVAS OTDR              |   |             |  |
| 9                        |    | 10          |    |
| 11                       |   | 12          |   |
| 13                       |  | 14          |  |
| 15                       |  | 16          |  |
| Página 3 de 4            |   |             |  |

SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA  
ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS |   |             |  |
|--------------------------|---|-------------|--|
| LOCALIZACIÓN             | AEROPUERTO  | RESPONSABLE | JEFE DE MANTENIMIENTO  |
| EMPLAZAM. A              | SENDA   |             |  |
| EMPLAZAM. B              | TORRE DE CONTROL  |             |  |
| FECHA                    | 6 DE SEPTIEMBRE DE 2013   |             |  |
| CURVAS OTDR              |   |             |  |
| 17                       |    | 18          |    |
| 19                       |   | 20          |   |
| 21                       |  | 22          |  |
| 23                       |  | 24          |  |
| Página 4 de 4            |   |             |  |

# Anexo C

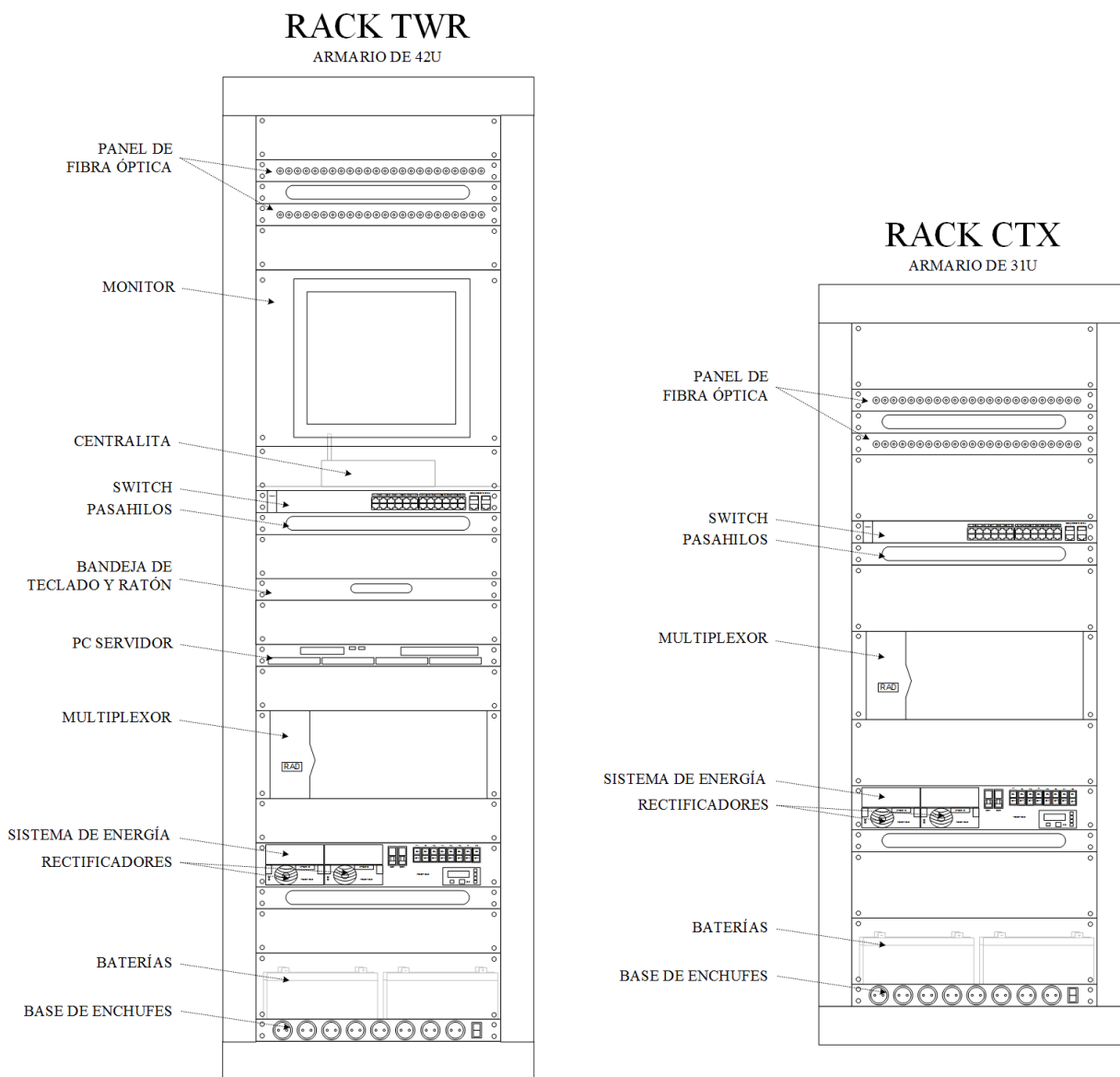
## Planos y Esquemas

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## Distribución de equipos en Armarios de Comunicaciones

*Existen dos modelos de armarios de Comunicaciones.*

*El rack modelo de CTX tiene la misma distribución para los emplazamientos LOC, DVOR y GP.*

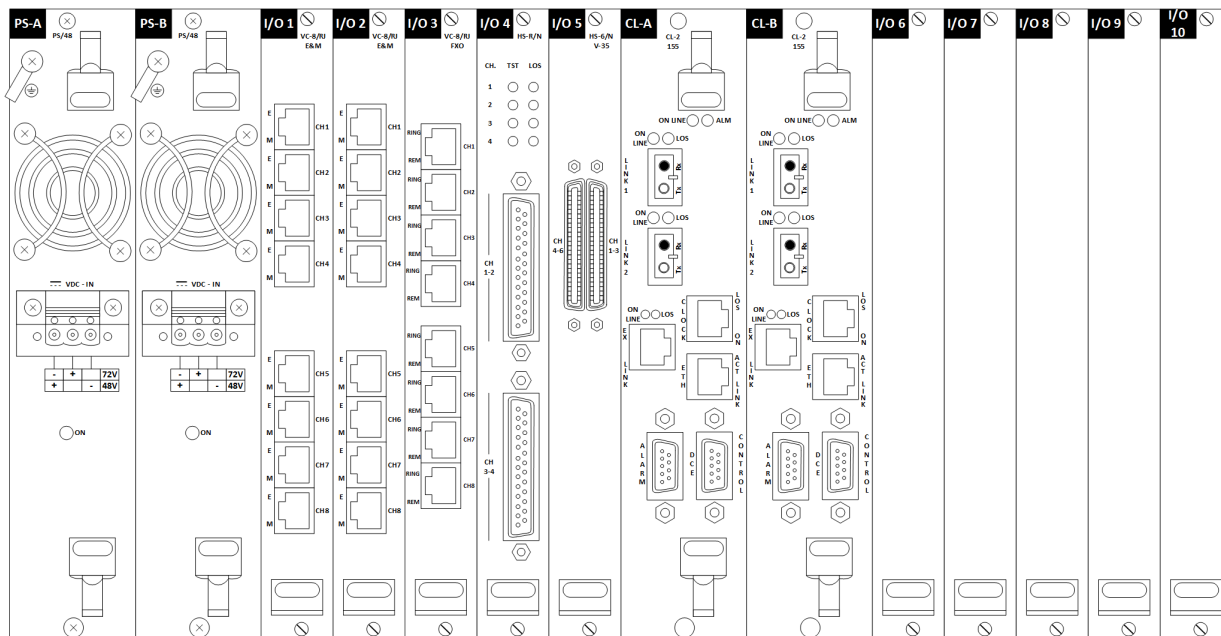


*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

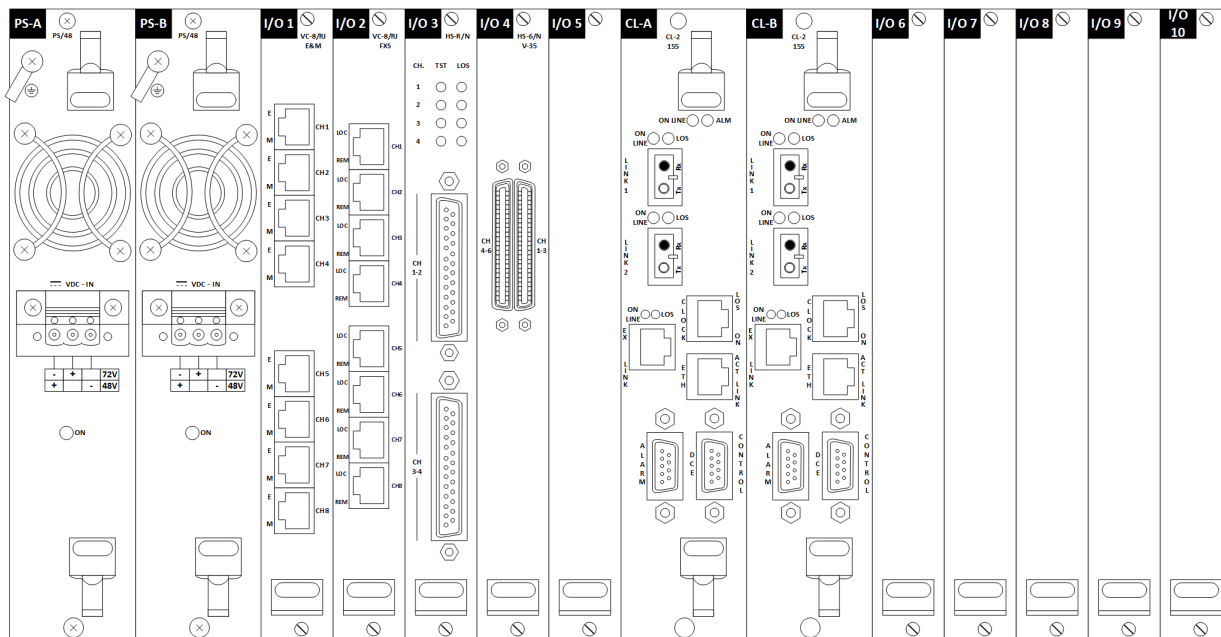
## Distribución de tarjetas en Multiplexores

Existen dos modelos de distribución de tarjetas en los multiplexores.

### Multiplexor de TWR



### Multiplexor de CTx, LOC, DVOR, GP



*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*



# Anexo D

## Documentación Técnica

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

## 1. Hoja de Especificaciones Técnicas del Armario de Comunicaciones TMN (31U, 42U).

### 61 MODELO MODEL

#### ■ RACK BÁSICO DE 19" SIN PUERTA DELANTERA ■ 19" BASIC RACK WITHOUT FRONT DOOR

La familia de racks de 19" serie 61, está concebida para dar soluciones de propósito general al sector industrial, de las telecomunicaciones, broadcast, y demás aplicaciones del sector electrónico. Su diseño funcional, ofrece multitud de soluciones específicas a cada usuario con nuestra extensa gama de accesorios.

*The range of 19" racks, model 61, is designed as a general-purpose cabinet for industrial, telecom, broadcast applications and for all the needed situations in the electronic field. Its design, offers a wide range of specific solutions with the widest range of accessories available.*



#### Composición:

1 estructura  
2 tapas laterales  
1 puerta posterior ciega  
4 ó 6 montantes verticales de 19"  
1 kit de masa

#### Composition:

1 frame  
2 side covers  
1 rear door  
4 or 6 19" profiles  
1 GND kit

#### Suministro:

Cada rack se suministra completamente montado y embalado  
De forma opcional, se puede suministrar con los accesorios montados. Especifíquese en el pedido

#### Delivery comprises:

Completely mounted and packaging included  
Optionally, we can deliver the accessories mounted onto the rack if it's specified

#### Acabado:

Estructura RAL 7030  
Tapas laterales  
Puerta RAL 7032

#### Finish:

Frame RAL 7030  
Side covers  
Rear door RAL 7032

#### Opcional:

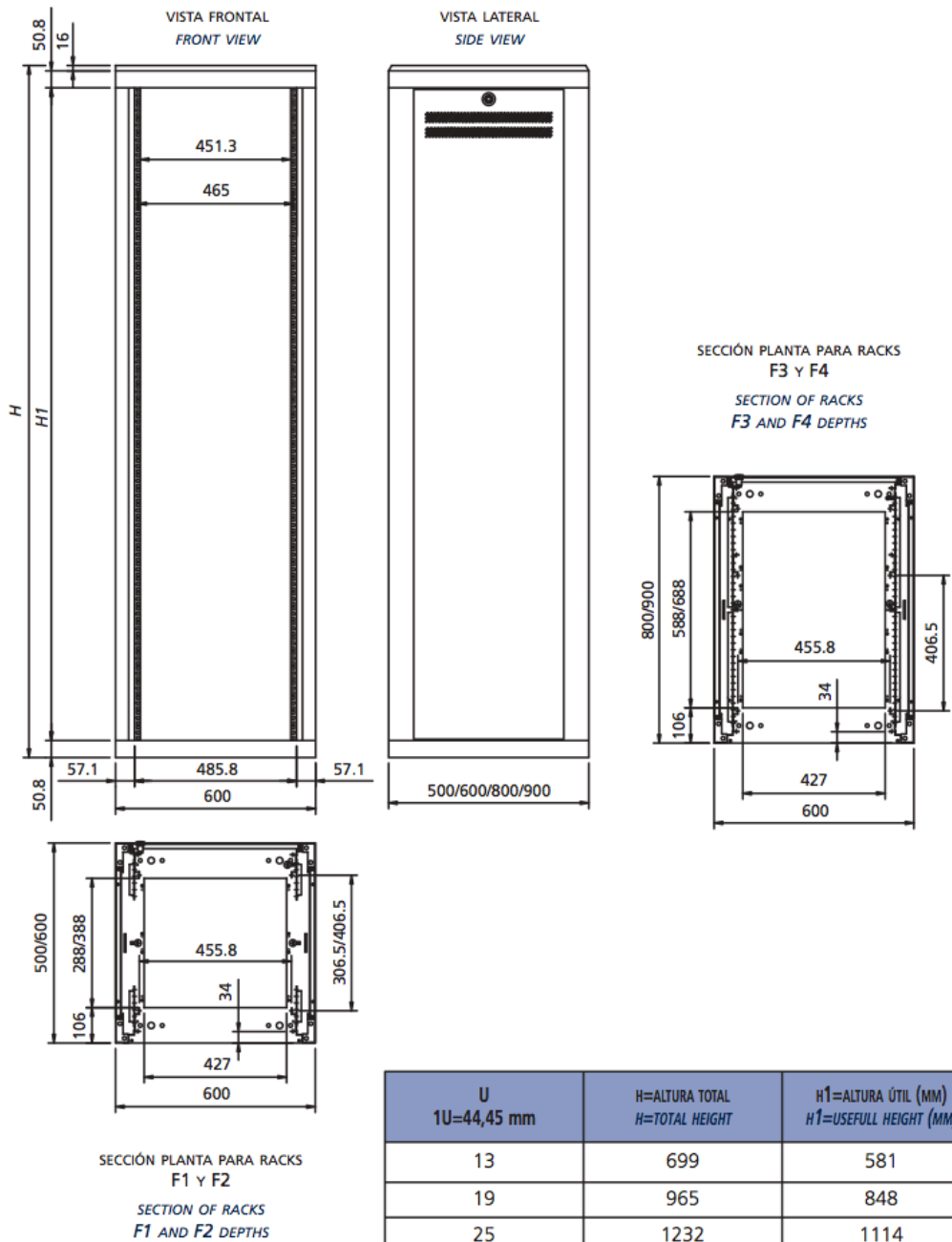
Para seleccionar el techo deseado, ver páginas 22 y 23

#### Optional:

For order the top cover, see pages 22 and 23

| U<br>1U=44,45 mm | PROFUNDIDAD / DEPTH |                  |                  |                  |
|------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
|                  | F1=500 mm           | F2=600 mm        | F3=800 mm        | F4=900 mm        |
|                  | CÓDIGO/PART. NR.    | CÓDIGO/PART. NR. | CÓDIGO/PART. NR. | CÓDIGO/PART. NR. |
| 13               | 611321              | 611322           | 611323           |                  |
| 19               | 611921              | 611922           | 611923           |                  |
| 25               | 612521              | 612522           | 612523           |                  |
| 31               | 613121              | 613122           | 613123           |                  |
| 36               | 613621              | 613622           | 613623           |                  |
| 42               | 614221              | 614222           | 614223           | 614224           |
| 44               |                     | 614422           | 614423           | 614424           |
| 46               |                     | 614622           | 614623           | 614624           |

MODELO **61**  
MODEL



## 2. Hoja de Especificaciones Técnicas del Sistema de Alimentación PowerOne Aspiro AF



### Aspiro™ Front Access Data Sheet



#### High Efficiency and Front Access in a 2U Format

- Green** >95% typical efficiency utilizing the highly-efficient XPGe12.48 rectifier to save operating costs and reduce carbon footprints.
- Compact** High-density (21.8W/in<sup>3</sup>) rectifiers with numerous possible configurations up to 4.8kW in a 19 inch/2RU, ETSI-depth rack.
- Connected** State-of-the-art system controller with self-guided operation. Simple Network Management Protocol (SNMP) and web compatible. Sophisticated management features extend the battery life and monitor critical site equipment, such as HVAC and generators.
- Accessible** Slide-out shelf option allows front access for all connections.
- Rugged** Design caters to reliable operation when grid-level power quality supply is unstable.

#### Description

The Aspiro 2U modular DC rack-mount system offers a compact, user-friendly solution to meet rigid telecom applications combining high reliability with configuration flexibility.

The system is configurable to allow an installed capacity of up to 4.8kW of rectifiers together with DC distribution and a system controller in a 19"/2RU rack system.

Options include battery and load disconnects, AC surge protection, various DC and AC distributions and front connect utilizing the shelf slide-out option.

The Aspiro 2U provides the ideal compact system solution for radio base stations, broadband nodes and core sites.



## Aspiro™ Front Access Data Sheet

### Mechanical Data

|            |                            |
|------------|----------------------------|
| Dimensions | 2RU(H) x 19"(W) x 297mm(D) |
|------------|----------------------------|

### Output

|                 |  |
|-----------------|--|
| Voltage         | -48 VDC                                      |
| Maximum Power   | 4.8kW  |
| Rectifier Types | Aspiro Series: XPGe12.48 / XR08.48 / XR04.48 |

### DC Distribution

|                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| Battery Breakers | 2 x Battery Breakers (100 A)  |
| Load Breakers    | 8 x Load Breakers (1 to 30 A) |

### AC Input

|                  |  |
|------------------|--|
| Voltage          | 1-phase 110 VAC or 230 VAC (rectifier module dependant)<br>3-phase 110/190 VAC or 230/400 VAC (rectifier module dependant) |
| Frequency        | 47 – 63 Hz   |
| Input Current    | <9 A per rectifier   |
| Power Factor     | >0.99 (typical)  |
| Surge Protection | Optional   |

### Monitoring and Control

|                   |  |
|-------------------|--|
| Controller        | PCC / ACC  |
| Alarm Relays      | Standard 4 alarm relays  |
| Local Interface   | 4 x 20 LCD, 4 key menu, USB/RS232                                      |
| Remote Interface  | Ethernet/Modem using PowCom™ software package                          |
| Visual Indication | Green LED – System ON<br>Yellow LED – Message(s)<br>Red LED – Alarm(s) |
| External I/O      | ACC provides 2 x Digital inputs + 2 x Digital outputs (Open collector) |

### Battery Management

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| Symmetry Measurement | Available |
| Programmable LVD     | 1 x 125 A |
| Programmable PLD     | 1 x 125 A |

### Connections

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Battery Connections      | Battery Cable, M8 lugs  |
| AC Connection            | 6 mm <sup>2</sup> (9 AWG)   |
| Load Breaker Connections | Negative termination directly from breakers. Common positive from AKG terminals |
| Alarm Connections        | 1.5 mm <sup>2</sup> (14 AWG)  |

### Compliance

|        |  |
|--------|--|
| EMC    | ETSI EN 300 386 V.1.4.1<br>EN 61000-3-2:2006<br>EN 61000-3-3:1995 + A1:2001 + A2:20005<br>EN 55022:2006 + A1: 2007<br>EN 55024:1998 +A1: 2001 +A2:2003 |
| Safety | EN 60950-1 2 <sup>nd</sup> ed.   |

### Environmental

|                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| Operating Temperature | -40°C to +75°C, derating over 55°C |
| Storage Temperature   | -40°C to +85°C                     |

### Ordering Information

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| Description | Aspiro Front Access |
|-------------|---------------------|

**NUCLEAR AND MEDICAL APPLICATIONS** - Power-One products are not designed, intended for use in, or authorized for use as critical components in life support systems, equipment used in hazardous environments, or nuclear control systems without the express written consent of the respective divisional president of Power-One, Inc.

**TECHNICAL REVISIONS** - The appearance of products, including safety agency certifications pictured on labels, may change depending on the date manufactured. Specifications are subject to change without notice.

### 3. Hoja de Especificaciones Técnicas de las Baterías Sunlight SPB 12-55.



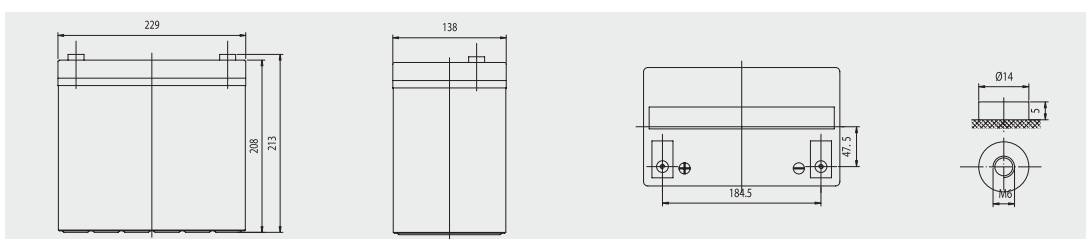
## VRLA Battery **SPB 12-55**

|                       |                               |                        |                        |                       |                       |          |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Specifications</b> | Nominal Voltage               | 12 V                   |                        |                       |                       |          |
|                       | Rated Capacity (25 °C)        | 20hr Rate (1,80V/cell) | 10hr Rate (1,80V/cell) | 5hr Rate (1,70V/cell) | 1hr Rate (1,60V/cell) |          |
|                       |                               | 62 Ah                  | 55 Ah                  | 50,5 Ah               | 38,1 Ah               |          |
|                       | Dimensions (mm) & Weight (kg) | Length                 | Width                  | Height                | Overall Height        | Weight   |
|                       |                               | 229mm                  | 138mm                  | 208mm                 | 213mm                 | 19,50 kg |

Number / Type of Terminals 2 / M6

#### Technical Characteristics

|  |   |
|--|---|
| Design Life at 20°C                        | 10-12 years   |
| Eurobat Classification                     | High Performance  |
| Internal Resistance (Fully charged - 25°C) | 6 mΩ  |
| Short-circuit current                      | 1400 A  |
| Max Charging Current                       | 16,5 A  |
| Min safe end Discharge Voltage             | 1,60 V/cell   |
| Self discharge per month at 20°C           | 3%  |
| Recommended Charging Voltage at 20°C       | Stand-by use (V/cell): 2,25 to 2,30<br>Cycle use (V/cell): 2,40 to 2,50 |
| Container Material                         | ABS-UL94 HB   |
| Electrolyte Type                           | Sulfuric Acid   |
| Type of plates / Alloy                     | Flat plates / Lead-Calcium-Tin alloy                                    |
| Type of Separator                          | Absorbant Glass Mat   |
| Valve Type / Operational Pressure          | Rubber / 1-3 psi (70-200 mbar)  |
| Operating Temperature Range                | -20 to + 50°C   |
| Storage time at 20°C                       | 9 months  |



**SUNLIGHT SYSTEMS S.A.**  
Headquarters  
23rd km. N.R. Athens-Lamia  
145 65 Ag. Stefanos, Attica, Greece  
Tel.: +30 210 6242000  
Fax : +30 210 6216911

**Manufacturing Plant**  
Neo Olvio  
67 200 Xanthi, Greece  
Tel.: +30 25410 48100  
Fax : +30 25410 95446

**SUNLIGHT**  
creating energy  
www.sunlight.gr

#### 4. Hoja de Especificaciones Técnicas del Multiplexor RAD Megaplex-4100.



##### Ethernet and TDM Central/Aggregation Solution

- Gigabit Ethernet and/or STM-1/OC-3 uplinks
- Ethernet over copper, fiber or DSL aggregator
- STM-1/OC-3 ADM (add/drop multiplexer)
- 4/1/0 cross-connect
- xDSL, E1/T1, DS0, sub-DS0, analog voice, data, fiber multiplexing, pseudowire connectivity and Ethernet services
- Powerful protection including resilient ring topology and module redundancy at various levels



## Data Sheet

### CHASSIS

Megaplex-4100 is available as a 4U-high chassis providing slots for up to 2 common logic and 10 I/O modules.

### COMMON LOGIC

The Common Logic (CL.1) module controls the Megaplex's operation and is the interface for its configuration and management. It stores the application software and up to 10 configuration databases (depending on complexity) for multiple independent configurations. CL.1 also stores all system event information. Flash EPROM for software download is provided, allowing switching between database configuration files.

CL.1 performs digital cross-connect at the DS0 level with a capacity of up to 160 x 32 DS0 between I/O cards. Up to 63 E1/84 T1 links can be aggregated from any I/O module on a DS0 level toward the STM-1/OC-3 link.

CL.1 provides Ethernet flow-based switching between I/O modules, GbE and SONET/SDH.

The CL.1 cross-connect matrix routes voice and data channels between all I/O modules installed in the chassis. The non-blocking full cross-connect enables flexible timeslot assignment and efficient utilization of E1/T1 bandwidth, and facilitates drop&insert and bypass applications.

The non-blocking (4/1/0) cross-connection can be established between any two links.

For direct connection to an SDH/SONET network, CL.1 features two standard network ports with a software-configurable STM-1/OC-3 interface. The dual ports on the CL.1 module can be used either for operation in parallel or for redundancy.

For direct connection to the packet-based networks, CL.1 has two SFP-based GbE ports. Also available is the copper GbE interface with autonegotiation speed detection capabilities.

### PROTECTION

Hardware redundancy is provided through an optional redundant power supply and CL modules, with switchover to the backup CL links occurring within 50 msec of a detected failure. Eight-port E1/T1 and SHDSL links can also be configured for redundancy and can be hot-swapped, allowing continuous service provisioning.

The redundant CL.1 modules can be used either for operation in parallel or for redundancy.

Megaplex-4100 supports standard SDH/SONET ring topology, TDM traffic protected by path protection (SNCP) and Ethernet protected by LCAS.

Optional 1+1 link protection mechanism (unidirectional MSP/APS) is also available.

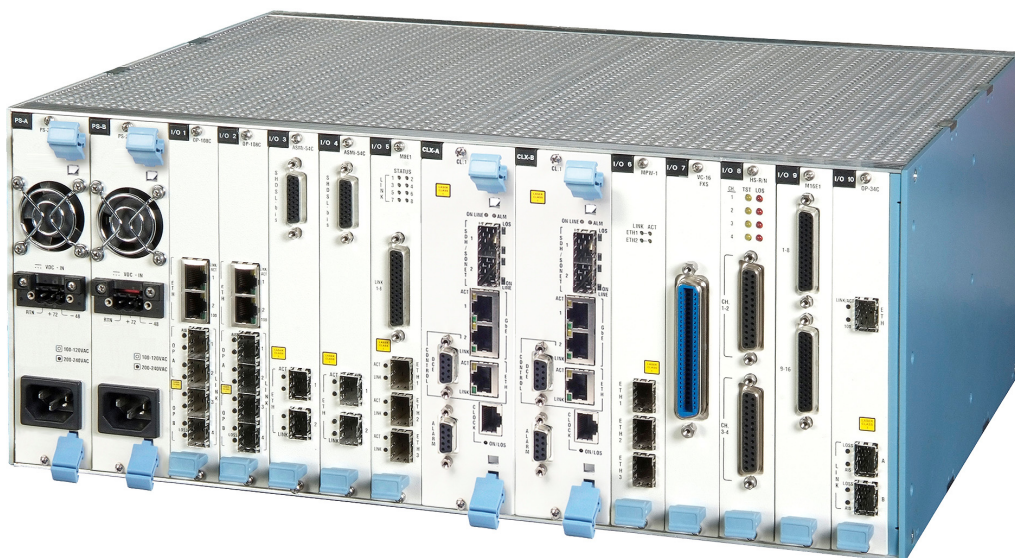


Figure 4. Megaplex-4100 Rear View

## Megaplex-4100

### Next Generation Multiservice Access Node

#### SDH/SONET INTERFACE

The STM-1/OC-3 interfaces are user-configurable and provide a high-quality and high-availability link, as well as performance monitoring of the traffic path.

The STM-1/OC-3 link is supplied with an SFP socket (see *Ordering*). It is strongly recommended to order this device with original RAD SFPs installed. This will ensure that prior to shipping, RAD has performed comprehensive functional quality tests on the entire assembled unit, including the SFP devices. RAD cannot guarantee full compliance to product specifications for units using non-RAD SFPs.

The user can define the following SDH/SONET clock sources:

- Internal
- Recovered from the STM-1/OC-3 interface, including automatic selection based on SSM (Synchronization Status Messaging)
- Derived from the TDM subsystem.

#### GIGABIT ETHERNET INTERFACE

One or two optional Gigabit Ethernet ports connect each LAN port to eight virtual groups per CL.1 and groom Ethernet traffic from I/O modules to the GbE interface. Maximum frame length is 1.6 kB.

Ethernet traffic generated by CPE devices is transferred over TDM E1, T1 or SHDSL circuits, or comes directly from connected Fast Ethernet ports. These Ethernet ports can be either copper or fiber optic, optionally marked by double tagging and groomed to GbE ports on the CL.1 module, or towards SDH/SONET ports by using VCAT (VCG).

Ethernet traffic is mapped into SDH/SONET containers using VCAT and encapsulated with Generic Framing Procedure (ITU-T G.7041, ANSI T1-105.02, framed mode).

Each user's Ethernet traffic can be mapped into SDH/SONET via any of the following virtual containers:

- Up to  $63 \times \text{VC-12}$ , or  $84 \times \text{VT-1.5}$
- $3 \times \text{VC-3/STS-1}$
- $1 \times \text{VC-4}$ .

Ethernet traffic can be switched to different bundles of virtually concatenated VCs (up to 8 bundles per CL.1 module) according to a predefined group.

Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS) is supported in compliance with the G.7042 standard, to maintain the Ethernet flow in case of path failure or asymmetric VC/VT assignment.

#### TDM SERVICES

TDM traffic is mapped into SDH/SONET VC-12/VC-11/VC-3 or SONET VT1.5/STS-1 containers that can be placed anywhere within the STM-1/OC-3 bandwidth.

Multiple system TDM timing options are available:

- Internal crystal oscillator clock
- Clock received from any SONET/SDH or PDH link (loopback)
- Clock received from any PDH tributary inside SONET/SDH
- Clock derived from the receive clock of a user port, internal DS1 port or pseudowire (Rx timing mode)
- External station (master) clock.

Up to 10 primary clock sources can be set as fallback in the event of failure. If all the primary clock sources fail, up to 10 secondary clock sources can be set as fallback.

The SSM-based clock source selection mechanism assures the best quality timing for the system.

#### TDM E1/T1 MODULES

The Megaplex TDM E1/T1 modules allow direct connection to a wide range of services, eliminating the need for external equipment. Multiple active links can operate in each chassis. Additional modules can also be installed for link protection in various redundancy modes (parallel TX, Y-cable or E1/T1 ring).

When a CL.1 module with the STM-1/OC-3 interface is installed in the chassis, the TDM modules allow mapping of E1/T1 links to the SONET/SDH network with DS0 granularity.

The M8E1/M16E1 and M8T1/M16T1 TDM modules connect Megaplex-4100 to up to 8/16 E1/T1 lines and to Ethernet links via 10/100BaseT ports with 3 SFP or UTP connectors. Up to 10 modules can be installed in a single chassis, providing Megaplex-4100 with up to 160 full E1/T1 non-blocking DS0 cross-connect capacity.

The tributary E1/T1 streams are locked to the nodal timing.

#### PSEUDOWIRE CAPABILITIES

Megaplex-4100 equipped with the MPW-1 module provides legacy services over packet-switched networks (PSN). The MPW-1 module converts the data stream from other modules in the MP-4100 chassis (E1/T1, SHDSL, data or voice ports) delivered by the Megaplex backplane via MPW-1's internal DS1 ports into IP or MPLS packets for transmission over Ethernet, IP or MPLS networks.

The M8SL module employs Single-pair High speed Digital Subscriber Line (SHDSL) technology, as standardized by ITU-T Rec. G.991.2. SHDSL modules offer a cost-effective solution for delivering digital data to customer premises over the existing copper cables of the distribution network while eliminating the need for repeaters. M8SL modules connect Megaplex-4100 to up to 8 SHDSL links and to Ethernet links via 10/100BaseT ports with 3 SFP or UTP connectors.

## Data Sheet

### I/O MODULES

Table 1 lists the I/O modules available for Megaplex-4100 (see enclosed data sheets for detailed specifications).

### MANAGEMENT

Configuration and monitoring can be performed via an ASCII terminal, Web, Telnet or RADview.

Remote units can be managed in the following ways:

- Out-of-band, using the 10/100 Ethernet management port. This simple and efficient method takes advantage of IP bandwidth on demand, while saving link bandwidth for user traffic
- Inband, using the IP/PPP over DCC, via the STM-1/OC-3 links
- Inband, using the IP/PPP over a dedicated timeslot in any E1/T1 or SHDSL link

- Network management station running RADview, RAD's SNMP element management application.

### DIAGNOSTICS

Comprehensive diagnostic capabilities include:

- Local and remote loopbacks per link and per DSO
- Real-time alarms to alert the user of fault conditions
- SDH/SONET link monitoring.

### SECURITY

The following security protocols are provided by Megaplex-4100 to ensure client server communication privacy and correct user authentication:

- SNMPv3
- RADIUS (client authentication only)
- SSH for Secure Shell communication session.

### ALARMS

All alarms, including state and frequency of occurrence, are stored in the CL.1 alarm status buffer. The last 256 alarms are kept in a separate alarm history buffer.

Alarm status can be automatically read online by the management system from any node. User-set alarm masking, filtering and inversion, as well as 5-level prioritization are also supported.

Table 1. Megaplex-4100 I/O Modules

| Module   | Description   |
|--|---|
| ASMi-54C   | SHDSL.bis module with 2 Ethernet ports                        |
| HS-6N, HS-12N  | 6- or 12-port n x 64 kbps high speed module                   |
| HS-703   | 4-channel Codirectional data module                           |
| HSF-2  | 2-port fiber optic teleprotection interface module            |
| HS-RN  | 4-port sub-DSO low speed module                               |
| HS-S   | 4-channel ISDN "S"-interface module                           |
| HSU-6, HSU-12  | 6- or 12-port DSL modules                                     |
| LS-6N, LS-12   | 6- or 12-port low speed modules                               |
| M16E1, M16T1   | 16-port E1 or T1 modules                                      |
| M8E1, M8T1   | 8-port E1 or T1 modules with 3 Ethernet ports (licence-based) |
| M8SL   | 8-port SHDSL E1 module with 3 Ethernet ports (licence-based)  |
| MPW-1  | TDM pseudowire access gateway with 3 Ethernet ports           |
| OP-108C, OP-106C   | Dual 4 x E1/T1 and Ethernet multiplexer modules               |
| OP-34C, OP-25C   | 16 x E1/T1 and Ethernet multiplexer modules                   |
| VC-4/4A/8/8A/16  | 4/8/16-port FXS/FXO/E&M PCM and ADPCM analog voice modules    |
| VC-4/OMNI  | 4-port PCM omnibus voice module                               |
| <b>Note:</b> For specific HW/SW versions of Megaplex-210x modules supported by the Megaplex-4100 chassis, please contact your local RAD partner. |   |

## Megaplex-4100

### Next Generation Multiservice Access Node

#### Specifications

##### STM-1/OC-3 MAIN LINK

###### Number of Ports

2 per CL.1 module (4 per chassis)

###### Bit Rate

155.52 Mbps  $\pm 20$  ppm

###### Timing

Internal clock

Recovered from the STM-1/OC-3 interface

External clock from TDM interfaces

###### Compliance

SDH: ITU-T G.957, G.783, G.798

SONET: GR-253-core

###### Framing

SDH: ITU-T G.707, G.708, G.709

SONET: GR-253-core

###### Protection

1+1 unidirectional APS (G.842)

###### Line Code

NRZ

###### Connectors

SFP-based

###### SFP Interface Specifications

See Table 2

**Note:** For detailed specifications of the SFP transceivers, see the SFP Transceivers data sheet.

##### GBE INTERFACE

###### Number of Ports

2 per CL.1 module (4 per chassis)

###### Data Rate

10/100/1000 Mbps

Autonegotiation (copper interface only)

###### Connectors (per port)

RJ-45, shielded

SFP socket (for SFP transceivers, see *Ordering*)

##### CONTROL PORT

###### Interface

RS-232/V.24 (DCE)

###### Connector

DB-9

###### Baud Rate

9.6, 19.2, 38.4, 57.6, 115.2

##### MANAGEMENT (ETH) PORT

###### Interface

10/100BaseT

###### Connector

RJ-45

##### STATION CLOCK

###### Bit Rate

1.544 Mbps (T1) (AMI)

2.048 Mbps (E1) (AMI)

2.048 MHz squarewave

###### Connector

RJ-45

##### DIAGNOSTICS

###### Tests

Local and remote loopbacks per link

###### Alarms

Time and date stamped

Last 256 alarms stored in RAM on CL module, readable by management system or terminal

Current alarms status

###### Statistics

Performance statistics for bundles and Ethernet ports

SDH/SONET link monitoring

Table 2. SFP Transceivers for STM-1/OC-3 and GbE Interfaces

|                 | Transceiver | Wavelength  | Fiber Type                             | Transmitter Type | Connector Type | Input Power [dBm] |       | Output Power [dBm] |       | Typical Max. Range |         |
|-----------------|-------------|-------------|--|------------------|----------------|-------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|---------|
|                 |             | [nm]        |  |                  |                | (min)             | (max) | (min)              | (max) | [km]               | [miles] |
| STM-1/OC-3 Link | SFP-1       | 1310        | 62.5/125 multimode                     | VCSEL            | LC             | -30               | -14   | -20                | -14   | 2                  | 1.2     |
|                 | SFP-2       | 1310        | 9/125 single mode                      | Laser            | LC             | -28               | -8    | -15                | -8    | 15                 | 9.3     |
|                 | SFP-3       | 1310        | 9/125 single mode                      | Laser            | LC             | -34               | -10   | -5                 | 0     | 40                 | 24.8    |
|                 | SFP-4       | 1550        | 9/125 single mode                      | Laser            | LC             | -34               | -10   | -5                 | 0     | 80                 | 49.7    |
|                 | SFP-11      | Copper Link | Coaxial cable<br>75 $\Omega$ impedance | –                | mini-BNC       | –                 | –     | –                  | –     | 0.135*             | 0.08*   |
| GbE Link        | SFP-5       | 850         | 50/125 multimode                       | VCSEL            | LC             | -17               | 0     | -9.5               | 0     | 0.55               | 0.3     |
|                 | SFP-6       | 1310        | 9/125 single mode                      | Laser            | LC             | -20               | -3    | -9.5               | -3    | 10                 | 6.2     |
|                 | SFP-7       | 1550        | 9/125 single mode                      | Laser            | LC             | -22               | -3    | 0                  | +5    | 80                 | 49.7    |
|                 | SFP-8D      | 1310        | 9/125 single mode                      | Laser            | LC             | -21               | -3    | 0                  | -4    | 40                 | 24.8    |

\* Using RG59 B/U.

## Data Sheet

### INDICATORS

#### Chassis

##### POWER SUPPLY A, B:

Green (on) – Corresponding PS modules on (if CL module is active)

##### SYSTEM TEST

Yellow (on) – System test in process

##### SYSTEM ALARM

Red (flashing) – Major and/or critical alarm in the system

#### CL.1 Module

##### ON LINE

Green (on) – Master (active) module is active

Yellow (on) – Master (active) module is being tested

Green (flashing slowly) – Standby

Green (flashing rapidly) – Software downloading

Yellow (flashing) – Software decompressing

### ALM

Red (flashing) – Critical alarm in system, but highest alarm severity is minor or warning

### CLOCK ON

Green (on) – Station clock port is configured as connected

### CLOCK LOS

Red (on) – Loss-of-signal condition at the station clock port

### STM-1/OC-3 Interface (per port)

#### ON LINE

Green (on) – Link is active

Green (flashing) – Link is on standby

Yellow (on) – Test is active

#### LOS

Red (on) – Loss of signal at the corresponding port

### ETH, MNG, GbE Interface (per port)

#### LINK

Green (on) – Port is connected to an active Ethernet hub or switch

#### ACT

Yellow (on) – Port transmits and/or receives data

### ALARM RELAY PORT

1 inbound relay (dry contact)

2 outbound relays triggered by any user-selected Megaplex alarm




Operation: normally open, normally closed, using different pins

Connector: 9-pin, D-type, female

### I/O MODULES

See *Table 1* and separate data sheets for individual modules.

Table 3. Megaplex Chassis Comparison

|                             | MP-2104   | MP-2100   | MP-4100  |
|-----------------------------|---|---|--|
|                             |  |  |        |
| <b>Feature</b>              |   |   |  |
| <b>Functionality</b>        | Modular multiservice access multiplexer   | Modular multiservice access multiplexer   | Modular digital access cross-connect, Ethernet Aggregator and STM-1/OC-3 ADM               |
| <b>Dimensions [cm]</b>      | 9*44*33   | 18*44*33  | 18*44*33   |
| <b>Modularity</b>           | Yes   | Yes   | Yes  |
| <b>I/O slots</b>            | 5   | 12  | 10   |
| <b>Redundancy</b>           | Yes   | Yes   | Yes  |
| <b>Services</b>             | LS, HS, Voice, ETH, TDMoIP  | LS, HS, Voice, ETH, TDMoIP  | LS, HS, Voice, E1/T1, xDSL, STM-1/OC-3, GbE, Fast Ethernet, fiber multiplexing, pseudowire |
| <b>Capacity</b>             | 4 x E1/5 x T1   | 4 x E1/5 x T1   | STM-1/OC-3 + 1GbE  |
| <b>Management Interface</b> | RAD proprietary CLI   | RAD proprietary CLI   | Menu-driven  |

#### 4.1. Hoja de Especificaciones Técnicas del Transceptor Óptico SFP2.

**Data Sheet**

# SFP Transceivers

Small Form-Factor Pluggable Transceivers



Fiber optic/electrical  
transceivers and  
System-on-an-SFP  
miniature converters



- Fiber optic or electrical transceiver units, providing pluggable interfaces according to known standards and specifications
- MSA (Multi-Source Agreement) compliance
- System-on-an-SFP architecture, providing internal logical frame conversion
- Fast Ethernet or Gigabit Ethernet to E1/T1 or E3/T3 remote bridging
- TDM pseudowire connectivity and wire-speed packet forwarding

##### SERVING AS INTERFACE TRANSCEIVERS

SFP (Small Form-factor Pluggable) transceivers (SFPs) are hot-swappable input/output optical and electrical transceiver units, each providing a different interface according to known compliance standards and pre-determined specifications. The units are plugged into other products to provide the required interface, thus enabling optimal combination of Capex reduction, ease of network planning and stock flexibility.

RAD's SFP transceivers are fully compliant with the Multisource Agreement (MSA) specifications, and are fully interoperable with third-party standards-based devices.

On account of their small size, SFPs allow higher port densities than with other transceivers, resulting in more efficient host device design.



**data communications**  
The Access Company

## Data Sheet

### Specifications

#### FIBER OPTIC INTERFACES

**Notes:**

- The specified typical range may vary according to the specific product in which the SFP is used. For more information, refer to the data sheet of the specific product.
- Legend:
  - H – industrially hardened SFP
  - D – DDM calibration
  - ED – external DDM calibration

Table 1. Fiber Optic Fast Ethernet/STM-1/STM-4 SFPs

| Ordering Name,<br>Interface, Connector                                  | Wavelength,<br>Fiber Type<br>[nm], [μm] | Standards  | Transmitter<br>Type | Input Power<br>[dBm] |       | Output Power<br>[dBm] |       | Typical Max.<br>Range |         |
|---|---|--|---------------------|----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|---------|
|   |   |  |                     | [min]                | [max] | [min]                 | [max] | [km]                  | [miles] |
| <b>SFP-1</b><br>Fast Ethernet/STM-1, LC                                 | 1310, 62.5/125<br>multimode             | 100BaseFX, IEEE 802.3 (FE)<br>ANSI T1 646-1995 (STM-1) | LED                 | -30                  | -14   | -20                   | -14   | 2                     | 1.2     |
| <b>SFP-1D</b><br>Fast Ethernet/ STM-1, LC,<br>DDM, internal calibration | 1310, 62.5/125<br>multimode             | 100BaseFX, IEEE 802.3 (FE)<br>ANSI T1 646-1995 (STM-1) | LED                 | -30                  | -14   | -20                   | -14   | 2                     | 1.2     |
| <b>SFP-2</b><br>Fast Ethernet/STM-1, LC                                 | 1310, 9/125<br>single mode              | 100BaseLX10, IEEE 802.3<br>(FE), G.957 S1.1 (STM-1)    | Laser               | -28                  | -8    | -15                   | -8    | 15                    | 9.3     |
| <b>SFP-2H</b><br>Fast Ethernet/STM-1, LC,<br>industrially hardened      | 1310, 9/125<br>single mode              | 100BaseLX10, IEEE 802.3<br>(FE), G.957 S1.1 (STM-1)    | Laser               | -28                  | -8    | -15                   | -8    | 15                    | 9.3     |
| <b>SFP-2D</b><br>Fast Ethernet/ STM-1, LC,<br>DDM, internal calibration | 1310, 9/125<br>single mode              | 100BaseLX10, IEEE 802.3<br>(FE), G.957 S1.1 (STM-1)    | Laser               | -28                  | -8    | -15                   | -8    | 15                    | 9.3     |
| <b>SFP-3</b><br>Fast Ethernet/STM-1, LC                                 | 1310, 9/125<br>single mode              | G.957 L1.1 (STM-1)                                     | Laser               | -34                  | -10   | -5                    | 0     | 40                    | 24.8    |
| <b>SFP-3H</b><br>Fast Ethernet/STM-1, LC,<br>industrially hardened      | 1310, 9/125<br>single mode              | G.957 L1.1 (STM-1)                                     | Laser               | -34                  | -10   | -5                    | 0     | 40                    | 24.8    |
| <b>SFP-3D</b><br>Fast Ethernet/STM-1, LC,<br>DDM, internal calibration  | 1310, 9/125<br>single mode              | G.957 L1.1 (STM-1)                                     | Laser               | -34                  | -10   | -5                    | 0     | 40                    | 24.8    |
| <b>SFP-4</b><br>Fast Ethernet/STM-1, LC                                 | 1550, 9/125<br>single mode              | G.957 L1.2 (STM-1)                                     | Laser               | -34                  | -10   | -5                    | 0     | 80                    | 49.7    |

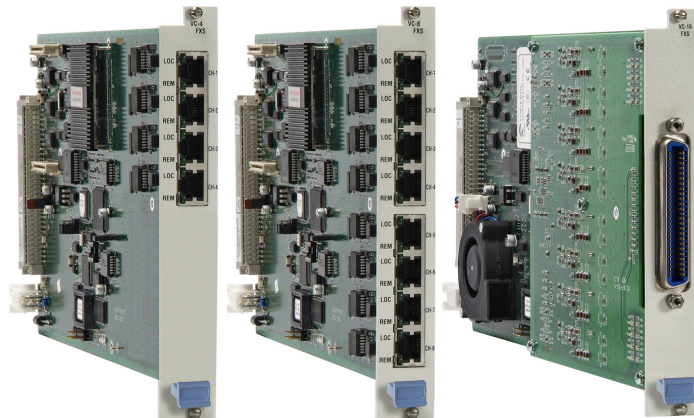


#### 4.2. Hoja de Especificaciones Técnicas de la Tarjeta de Audio RAD VC8 E&M/FXO/FXS.

##### Data Sheet

### Megaplex-4100/2100/2104 VC-4/4A, VC-8/8A, VC-16 4/8/16-Channel PCM and ADPCM Voice Modules

4, 8 or 16  
analog voice  
channels using  
64-kbps  
toll-quality  
PCM encoding;  
24/32 kbps  
ADPCM encoding  
option for 4- and  
8-channel modules



- E&M, FXS or FXO interface options
- Caller ID
- A-law or  $\mu$ -law companding
- Optional inband signaling with A-law encoded channels
- PCM (64 kbps) and ADPCM (24 or 32 kbps) encoding

The VC-4, VC-8 and VC-16 modules provide 4, 8 or 16 toll-quality voice channels. Voice signals are digitized using PCM, in compliance with ITU-T G.711 and AT&T Pub. 43801 standards, enabling up to 30 voice channels to be transmitted over an E1 link, or 24 voice channels over a T1 link.

The VC-4A and VC-8A modules, in addition to 64-kbps PCM encoding, employ toll-quality 24- or 32-kbps ADPCM voice encoding.

**Note:** Unless otherwise specified, "VC modules" in this datasheet refer to all 5 modules.



data communications  
The Access Company



Data Sheet

Specifications

Number of Voice Channels

VC-16: 16  
VC-8, VC-8A: 8  
VC-4, VC-4A: 4

Voice Encoding Technique

PCM: per ITU-T G.711 and AT&T  
Pub. 43801,  $\mu$ -law or A-law  
ADPCM: per ITU-T G.726 and G.727,  
 $\mu$ -law or A-law

Bandwidth Requirement

PCM: 64 kbps (one timeslot) per enabled  
channel  
ADPCM:  

- 32 kbps per enabled channel (one  
timeslot per pair of channels) as per  
G.726 and G.727
- 24 kbps per enabled channel (one  
timeslot per pair of channels) as per  
G.727 (when using RBF or RBMF  
inband signaling)

Analog Interface

Line type:  

- E&M: 4-wire or 2-wire  
(soft-selectable)
- FXS, FXO: 2-wire
- ITU-T standard: G.712

Connectors: see Table 3

Analog Parameters

Nominal level: 0 dBm  
Nominal impedance: 600 $\Omega$   
Return loss (ERL) at 300 to 3400 Hz:  
better than 20 dB  
Frequency response (Ref:1020 Hz):  

- $\pm 0.5$  dB at 300 to 3000 Hz
- $\pm 1.1$  dB at 250 to 3400 Hz

Level adjustment (soft-selectable):  
see Table 1.  
Steps: 0.5 dB ( $\pm 0.15$  dB), nominal  
Signal to total distortion (G.712):  

- 30 to 0 dBm0: better than 33 dB
- 45 to +3 dBm0: better than 22 dB

Idle channel noise: better than -65 dBm0  
(+25 dBnc)  
Transformer isolation: 1500 VRMS

Adaptive Echo Canceller

Delays of up to 4 msec per channel, as per  
G.168 (VC-4A, VC-8A only)

Power Consumption

See Table 2

E&M INTERFACE

Signaling Method (selectable)

EIA RS-464 Type I;  
EIA RS-464 Types II, III, and  
V (British Telecom SSDC5) using -12 VDC  
in place of -48 VDC

**Note:** For full support of Types II, III, and V (SSDC5)  
signaling standards, -48 VDC power supply is  
required.

Pulse Dial Distortion

$\pm 2$  msec max

Table 2. Power Consumption for Various Interfaces

| Module | Power Consumption [W] |     |     |
|--------|-----------------------|-----|-----|
|        | FXS                   | FXO | E&M |
| VC-4   | 2.5                   | 1.9 | 2.8 |
| VC-4A  | 3.3                   | 2.7 | 3.6 |
| VC-8   | 2.8                   | 2.0 | 3.4 |
| VC-8A  | 3.7                   | 2.8 | 4.2 |
| VC-16  | 4.7                   | 2.5 | 5.2 |

## Data Sheet

### Specifications

#### Number of Voice Channels

VC-16: 16  
VC-8, VC-8A: 8  
VC-4, VC-4A: 4

#### Voice Encoding Technique

PCM: per ITU-T G.711 and AT&T  
Pub. 43801,  $\mu$ -law or A-law  
ADPCM: per ITU-T G.726 and G.727,  
 $\mu$ -law or A-law

#### Bandwidth Requirement

PCM: 64 kbps (one timeslot) per enabled  
channel  
ADPCM:  

- 32 kbps per enabled channel (one  
timeslot per pair of channels) as per  
G.726 and G.727
- 24 kbps per enabled channel (one  
timeslot per pair of channels) as per  
G.727 (when using RBF or RBMF  
inband signaling)

#### Analog Interface

Line type:  

- E&M: 4-wire or 2-wire  
(soft-selectable)
- FXS, FXO: 2-wire
- ITU-T standard: G.712

Connectors: see *Table 3*

#### Analog Parameters

Nominal level: 0 dBm  
Nominal impedance: 600 $\Omega$   
Return loss (ERL) at 300 to 3400 Hz:  
better than 20 dB  
Frequency response (Ref:1020 Hz):  

- $\pm 0.5$  dB at 300 to 3000 Hz
- $\pm 1.1$  dB at 250 to 3400 Hz

Level adjustment (soft-selectable):  
see *Table 1*.  
Steps: 0.5 dB ( $\pm 0.15$  dB), nominal  
Signal to total distortion (G.712):  

- 30 to 0 dBm0: better than 33 dB
- 45 to +3 dBm0: better than 22 dB

Idle channel noise: better than -65 dBm0  
(+25 dBnc)  
Transformer isolation: 1500 VRMS

#### Adaptive Echo Canceller

Delays of up to 4 msec per channel, as per  
G.168 (VC-4A, VC-8A only)

#### Power Consumption

See *Table 2*

#### E&M INTERFACE

##### Signaling Method (selectable)

EIA RS-464 Type I;  
EIA RS-464 Types II, III, and  
V (British Telecom SSDC5) using -12 VDC  
in place of -48 VDC

**Note:** For full support of Types II, III, and V (SSDC5)  
signaling standards, -48 VDC power supply is  
required.

##### Pulse Dial Distortion

$\pm 2$  msec max

Table 2. Power Consumption for Various Interfaces

| Module | Power Consumption [W] |     |     |
|--------|-----------------------|-----|-----|
|        | FXS                   | FXO | E&M |
| VC-4   | 2.5                   | 1.9 | 2.8 |
| VC-4A  | 3.3                   | 2.7 | 3.6 |
| VC-8   | 2.8                   | 2.0 | 3.4 |
| VC-8A  | 3.7                   | 2.8 | 4.2 |
| VC-16  | 4.7                   | 2.5 | 5.2 |

## Data Sheet

### GENERAL

#### End-to-End Signaling

T1 links:

- RBMF: 667 samples per second with D4; 333 samples per second with ESF
- RBF

E1 links:

CAS per ITU-T G.704 para. 3.3.3.2

#### Diagnostics

Local digital loopback for each channel, towards the local user equipment






**Note:** When working in the ADPCM mode, the local digital loopback towards the local user equipment is performed for each pair of consecutive channels (1-2, 3-4, etc.)

Remote analog loopback for each channel, towards the remote user equipment

1 kHz, 0 dBm0 test tone injection for each channel, towards the remote user equipment

1 kHz, 0 dBm0 backward test tone injection for each channel, towards the local user equipment

Table 4. Megaplex Voice Modules

|                              | VC-4/8/16   | VC-4A/8A  | VC-16A  | VC-4/OMNI   | VC-6/LB, VC-6/4LB   |
|------------------------------|---|---|---|---|---|
| <b>Feature</b>               |  |  |  |  |  |
| Number of Ports              | 4/8/16  | 4/8   | 16  | 4   | 4/6   |
| FXS                          | ✓   | ✓   |   |   |   |
| FXO                          | ✓   | ✓   |   |   |   |
| E&M                          | ✓   | ✓   |   | ✓   |   |
| Local Battery                |   |   |   |   | ✓   |
| Omnibus                      |   |   |   | ✓   |   |
| Polarity Reversal & Metering | ✓   | ✓   |   |   |   |
| ADPCM                        |   | ✓   | ✓   |   |   |
| Supported by Megaplex-4100   | ✓   | ✓   |   | ✓   |   |

### 4.3. Hoja de Especificaciones Técnicas de la Tarjeta de Datos RAD HS-RN.

Data Sheet

Megaplex Module  
**HS-RN**  
4-Channel Low Speed Data Modules



4 low speed channels,  
data rates from 0.6  
to 64 kbps (sync) or  
to 38.4 kbps (async)

- Multiplexing and rate adaptation
- Programmable data rates from 0.6 to 64 kbps (sync) or 38.4 kbps (async)
- Each channel can be sent to a different link (using a different timeslot)
- Transparent end-to-end control signal transfer for rates of up to 38.4 kbps
- V.110 data rate adaptation or HDLC rate adaptation

The Megaplex HS-RN module features four independent V.24/RS-232 full-duplex sync/async low speed data channels. Each of the four channels can operate at programmable data rates of 0.6 to 64 kbps for synchronous interfaces, and 0.6 to 38.4 kbps for asynchronous interfaces. Multiplexing and rate adaptation technique are employed.

Two module versions are offered:

- **HS-RN:** a proprietary HDLC-protocol based module version featuring Bandwidth and Latency optimization.
- **HS-RN/V.110:** a special version for operation in the V.110 mode, fully compatible with the old HS-R module.

HS-RN performs rate adaptation according to ITU-T V.110 and multiplexing per ITU-T I.460.

**Note:** Lower async data rates can be supported using an oversampling technique over sync transport mode. For details, contact your Local RAD Partner.

All available data rates are allocated 16, 32 or 64 kbps per channel on the E1/T1 network. When the data rates of all four channels are 9.6 kbps or less, they can be placed on a single timeslot (64 kbps). For higher data rates, the four channels occupy up to four full timeslots. Timeslots are allocated by the user for each channel.

HS-RN allows each channel to be independently connected to a different main link. This requires placing each channel on a different timeslot.



data communications

The Access Company

Data Sheet

Specifications

CHANNEL INTERFACE

**Number of Channels**  
4

**Interface**  
ITU-T V.24/V.28, EIA RS-232

**Interface Type**  
DCE

**Signal Format**  
Asynchronous or synchronous, full duplex

**Data Rates**  
0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 7.2, 9.6, 14.4, 19.2,  
28.8, 38.4, 56, 64 kbps

- Notes:**
- 56 and 64 kbps rates are supported with sync signal format only.
  - 7.2, 14.4 and 28.8 kbps rates are supported in the HDLC model only.

**Async Character Format**  
Length: 5,6,7,8  
Parity bit: yes, no  
Stop bits: 1,2

**Connectors**  
2 x 25-pin D-type, female  
(one for each pair of channels)

- Control Signals**  
(for rates up to 38.4 kbps)
- RTS is passed as DCD to the remote side
  - DTR is passed as DSR to the remote side
  - CTS follows RTS, or constantly ON (space)

TRUNK INTERFACE

**Bit Mapping (Switching)**  
2 bits for: 0.6 to 9.6 kbps  
4 bits for: 14.4 to 19.2 kbps  
8 bits for: 28.8 to 64 kbps

**Timeslots Used**  
4 x 0.6 to 9.6 kbps on one TS  
4 x 14.4 to 19.2 kbps on two TS  
4 x 28.8 to 64 kbps on four TS

**Busess Supported**  
4 (each channel can be allocated to a timeslot on a different bus)

GENERAL

**Clock Modes**  
**DCE:** HS-RN channel provides both RX and TX clocks to the user DTE.

**EXT-DCE (DTE1):** HS-RN channel provides RX clock to the user while receiving TX clock from the user. Used for tail-end applications.

**Indicators (per channel)**  
**LOS (red):** On when the main link loses synchronization or the corresponding channel loses protocol synchronization to the remote end (not used for the rates of 64 kbps and 56 kbps)  
**TST (yellow):** On when a test is activated

**Diagnostics**  
Per channel:  

- Local digital loopback
- Remote digital loopback

Auto self-test upon power-up

**Configuration**  
Programmable via the Megaplex management system

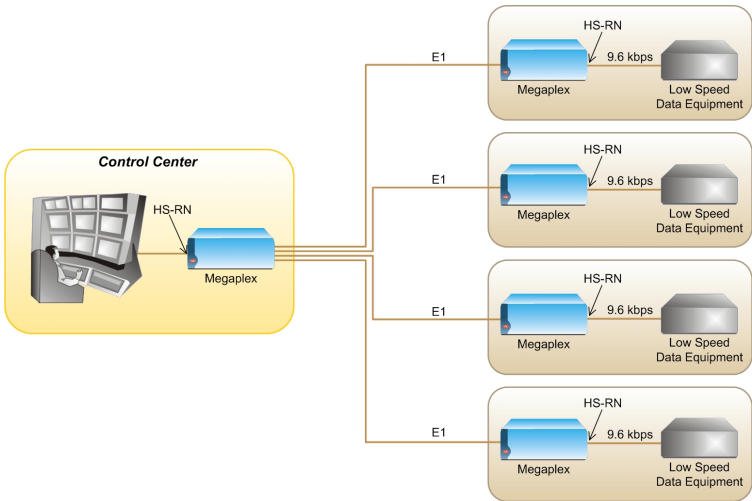
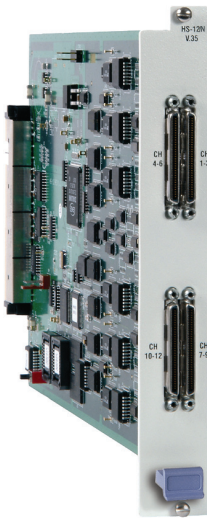


Figure 2. Point-to-Multipoint Connectivity at Low Speed Data Transfer

4.4. Hoja de Especificaciones Técnicas de la Tarjeta de Datos RAD HS-6N.

Data Sheet

Megaplex-4100/2100/2104  
**HS-6N, HS-12N**  
6/12-Channel High-Speed Data Modules



6 or 12 high-speed  
synchronous data  
channels

- Programmable channel data rates in any multiple of 56 or 64 kbps (up to 1,984 kbps)
- V.24/RS-232, V.35 or V.11/RS-422 interface
- DCE, External-DCE or DTE clock modes
- Enhanced diagnostics including local and remote loopbacks on each channel
- For any I/O slot of Megaplex-2100, Megaplex-2104 or Megaplex 4100

The HS-6N and HS-12N modules support 6 and 12 high-speed synchronous data channels, respectively. All channels can be ordered with either V.24/RS-232, V.35 or V.11/RS-422 interface (electrical). The V.11/RS-422 option is used for RS-530, V.36/RS-449, or X.21 interface (physical) operation.

Each channel operates at data rates of  $n \times 56$  or  $n \times 64$  kbps (where  $n = 1$  to 24 for T1 link, and 1 to 31 for E1 link). Data rates are independently selectable for each channel.

**Note:** In modules with V.24/RS-232 interface, all channels operate at 56 kbps or 64 kbps only.

The HS-6N and HS-12N modules have a maximum user payload capacity of 6 x 1984 kbps for MP-4100 and 4 x 1984 kbps for MP-2100/2104.

Each channel can be configured to operate in either DCE, External-DCE, or DTE timing modes. External-DCE mode is used in tail-end applications. Connection to nationally supplied digital lines (such as DDS or KiloStream) is supported, with the external clock available as the system timing source.



data communications  
The Access Company

## Data Sheet

### Specifications

#### Data Channels per Module

HS-6N: 6  
HS-12N: 12

#### Interface (Electrical)

V.24/RS-232, V.35 or V.11/RS-422

#### Interface (Physical)

V.24/RS-232, V.35, V.36/RS-449, RS-530,  
or X.21 (via conversion cables)

#### Connectors

Four/two 68-pin SCSI, female  
(one per 3 data channels)

#### Clock Modes

DCE: HS channel provides both RX and TX  
clocks to the user DTE.

External-DCE: HS channel provides RX  
clock to user while receiving TX clock  
from user. Used for tail-end  
applications.

DTE: HS channel receives both RX and TX  
clocks from the user DCE.

#### Control Signals

CTS follows RTS or is constantly On,  
soft-selectable (same setting for all  
channels)

DCD constantly On, except during sync loss,  
or when channel is engaged in remote  
loopback or BERT

DSR always On

#### Diagnostics (per Channel)

Local loopback  
Remote loopback  
BERT (one channel at a time)

#### Power Consumption (max.)

HS-6N: 5.5W (1.1A of +5V)  
HS-12N: 6.25W (1.25A of +5V)

#### Configuration

Programmable via Megaplex management  
system

#### Environment

Operating temperature: 0°C to 45°C  
(32°F to 113°F)

Storage temperature: -20°C to 70°C  
(-4°F to 158°F)

Humidity: up to 95%, non-condensing

## 5. Hoja de Especificaciones Técnicas del Switch Cisco Catalyst 2960 TC-S.



Data Sheet

### Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Lite Software

The Cisco® Catalyst® 2960-S and 2960 Series Switches are the leading Layer 2 edge switches, providing improved operational excellence, highly secure business operations, improved sustainability, and an enhanced workspace experience. They are fixed-configuration access switches designed for entry-level enterprise, midmarket, and branch office networks. Figure 1 shows the Cisco Catalyst 2960-S Series Switch model and Figure 2 shows the Cisco Catalyst 2960 Series Switch model with LAN Lite software.

The Cisco Catalyst 2960-S Series Switches with LAN Lite Software have the following capabilities:

- 24 and 48 ports of Gigabit Ethernet (GbE) 10/100/1000 desktop connectivity
- 1 GbE Small Form-Factor Pluggable (SFP) uplinks
- USB storage interface for file backup, distribution, and simplified operations
- Enhanced troubleshooting for problem solving, including link connectivity and cable diagnostics
- Single IP address management for up to 16 switches
- A wide range of software features to provide ease of operation, secure business operations, sustainability and borderless networking experience
- Limited lifetime hardware warranty, including next-business-day replacement with 90-day service and support

The Cisco Catalyst 2960 Series Switches with LAN Lite Software have the following capabilities:

- Fast Ethernet connectivity with Power over Ethernet (PoE) of up to 15.4W per port
- GbE for data connectivity
- Enhanced troubleshooting for problem solving, including link connectivity and cable diagnostics
- Single IP address management for up to 16 switches
- A wide range of software features to provide ease of operation, highly secure business operations, sustainability, and a borderless networking experience
- Limited lifetime hardware warranty



**Figure 1.** Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Lite Software



**Figure 2.** Cisco Catalyst 2960-S Series Switches with LAN Lite Software



## Switch Configurations

Table 1 shows the configuration information for the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Lite Software.

**Table 1.** Configurations of Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Lite Software

| Switch Model   | Description   | Uplinks                                   |
|--|---|---|
| <b>Catalyst 2960-S Switches with 1 Gigabit Uplinks and 10/100/1000 Ethernet Connectivity</b> |   |   |
| Cisco Catalyst 2960S-48TS-S  | 48 Ethernet 10/100/1000                                   | 2 1 GbE ports                             |
| Cisco Catalyst 2960S-24TS-S  | 24 Ethernet 10/100/1000                                   | 2 1 GbE SFP ports                         |
| <b>Catalyst 2960 Switches with 1 Gigabit Uplinks and 10/100 Ethernet Connectivity</b>        |   |   |
| Cisco Catalyst 2960-48PST-S  | 48 Ethernet 10/100/1000 PoE ports (370W capacity)         | 2 fixed 10/100/1000 ports and 2 SFP ports |
| Cisco Catalyst 2960-24PC-S   | 24 Ethernet 10/100 PoE ports (370W capacity)              | 2 dual-purpose ports (10/100/1000 or SFP) |
| Cisco Catalyst 2960-24LC-S   | 24 Ethernet 10/100 and 8 10/100 PoE ports (123W capacity) | 2 dual-purpose ports (10/100/1000 or SFP) |
| Cisco Catalyst 2960-48TC-S   | 48 Ethernet 10/100  | 2 dual-purpose ports (10/100/1000 or SFP) |
| Cisco Catalyst 2960-48TT-S   | 48 Ethernet 10/100  | 2 fixed 10/100/1000 ports                 |
| Cisco Catalyst 2960-24TC-S   | 24 Ethernet 10/100  | 2 dual-purpose ports (10/100/1000 or SFP) |
| Cisco Catalyst 2960-24-S   | 24 Ethernet 10/100  | None                                      |
| <b>Compact Switches</b>  |   |   |
| Cisco Catalyst 2960-8TC-S  | 8 Ethernet 10/100 compact size with no fan                | 1 dual-purpose port (10/100/1000 or SFP)  |

## Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches Enable Cisco Borderless Network

The Cisco Borderless Network Architecture delivers the new workspace experience, connecting anyone, anywhere, using any device, to any resource securely, reliably, and transparently. The Cisco Borderless Networks architecture addresses primary IT and business challenges to help create a truly borderless experience by bringing interactions closer to the employee and customer.

Borderless experience is only possible with intelligent network elements designed and architected to meet the needs of a global workspace. Cisco Network Access is a primary component of this architecture, enabling various borderless network services such as mobility, security, EnergyWise, and ease of operations for increased productivity and operational efficiency.

Cisco Network Access for Borderless solution focuses on the following primary areas:

- Sustainability
- Ease of operations
- Borderless security
- Borderless experience

#### Sustainability

Cisco Catalyst switching solutions enable greener practices through measurable power efficiency, integrated services, and continuous innovations such as Cisco EnergyWise, an enterprisewide solution that monitors and conserves energy with customized policies. Together, Cisco EnergyWise technology and Cisco Catalyst switches reduce greenhouse gas (GhG) emissions and increase energy cost savings and sustainable business behavior. Sustainability features in the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches include the following features sets:

- Cisco EnergyWise technology
- Efficient switch operation
- Intelligent power management

#### Cisco EnergyWise Technology

Cisco EnergyWise is an innovative architecture, added to fixed configuration switches, promoting companywide sustainability by reducing energy consumption across an entire corporate infrastructure and affecting more than 50 percent of global greenhouse gas emissions created by worldwide building infrastructure, a much greater effect than the 2 percent generated by the IT industry. Cisco EnergyWise enables companies to measure the power consumption of network infrastructure and network-attached devices and manage power consumption with specific policies, reducing power consumption to realize increased cost savings, potentially affecting any powered device.

EnergyWise encompasses a highly intelligent network-based approach to communicate messages that measure and control energy between network devices and endpoints. The network discovers Cisco EnergyWise-manageable devices, monitors their power consumption, and takes action based on business rules to reduce power consumption. EnergyWise uses a unique domain-naming system to query and summarize information from large sets of devices, making it simpler than traditional network management capabilities. Cisco EnergyWise's management interfaces allow facilities and network management applications to communicate with endpoints and each other using the network as a unifying fabric. The management interface uses standard Simple Network Management Protocol (SNMP) or TCP to integrate Cisco and third-party management systems.

#### Efficient Switch Operation

Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches, designed and engineered by Cisco, provide optimum power saving, low power operations for industry best-in-class power management, and power consumption capabilities. The Catalyst 2960-S ports are capable of reduced power modes so that ports not in use can move into a lower power utilization state.

#### Intelligent Power over Ethernet Management

The Cisco Catalyst 2960 Series PoE models support the latest PoE devices including Cisco IP phones and Cisco Aironet WLAN access points providing up to 15.4W of power per port, as well as any IEEE 802.3af-compliant end device.

- **Per port power consumption** command allows customers to specify maximum power setting on an individual port.
- **Cisco Discovery Protocol Version 2** allows switches to negotiate a more granular power setting when connecting to a Cisco powered device such as IP phones or access points than what is provided by IEEE classification.
- **PoE MIB** provides proactive visibility into power usage and allows customers to set different power-level thresholds.
- **IEEE 802.3af and Cisco prestandard PoE** support comes with automatic discovery to detect a Cisco prestandard or IEEE 802.3af endpoint and provide the necessary power without any user configuration. Per-port PoE power sensing measures the actual power being drawn, enabling more intelligent control of powered devices.

Table 2 lists the PoE capacity of the Cisco Catalyst 2960 Series Switches.

**Table 2.** Switch PoE Power Capacity

| Switch Model                | Maximum Number of PoE Ports*                | Available PoE Power |
|-----------------------------|---|---------------------|
| Cisco Catalyst 2960-48PST-S | 24 ports up to 15.4W<br>48 ports up to 7.7W | 370W                |
| Cisco Catalyst 2960-24PC-S  | 24 ports up to 15.4W                        | 370W                |
| Cisco Catalyst 2960-24LC-S  | 8 ports up to 15.4W                         | 123W                |

\*Intelligent power allows flexible power allocation across all ports.

#### Ease of Operations

The Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches help reduce the operating costs through:

- Cisco Catalyst Smart Operations
- Easy to use deployment and control features
- Advanced, intelligent network management tools

##### Cisco Catalyst Smart Operations

Cisco Catalyst Smart Operations is a comprehensive set of capabilities that simplify LAN deployment, configuration, and troubleshooting. Cisco Catalyst Smart Operations enable zero-touch installation and replacement of switches, fast upgrade, as well as ease of troubleshooting with reduced operational cost.

Cisco Catalyst Smart Operations is a set of features that includes Smart Install, Auto Smartports, Smart Configuration, and Smart Troubleshooting to enhance operational excellence:

- **Cisco Smart Install** is a transparent plug-and-play technology to configure the Cisco IOS Software image and switch configuration without user intervention. Smart Install utilizes dynamic IP address allocation and the assistance of other switches to facilitate installation providing transparent network plug and play.

- **Cisco Auto Smartports** provide automatic configuration as devices connect to the switch port, allowing auto detection and plug and play of the device onto the network.

#### Easy to Use Deployment and Control Features

- **Auto-negotiation** on all ports automatically selects half- or full-duplex transmission mode to optimize bandwidth.
- **Dynamic Trunking Protocol (DTP)** facilitates dynamic trunk configuration across all switch ports.
- **Port Aggregation Protocol (PAgP)** automates the creation of Cisco Fast EtherChannel<sup>®</sup> groups or Gigabit EtherChannel groups to link to another switch, router, or server.
- **Link Aggregation Control Protocol (LACP)** allows the creation of Ethernet channeling with devices that conform to IEEE 802.3ad. This feature is similar to Cisco EtherChannel technology and PAgP.
- **Automatic media-dependent interface crossover (MDIX)** automatically adjusts transmit and receive pairs if an incorrect cable type (crossover or straight-through) is installed.
- **Unidirectional Link Detection Protocol (UDLD)** and Aggressive UDLD allow unidirectional links caused by incorrect fiber-optic wiring or port faults to be detected and disabled on fiber-optic interfaces.
- **Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)** autoconfiguration of multiple switches through a boot server eases switch deployment.
- **Switching Database Manager (SDM)** templates for access, routing, and VLAN deployment allow the administrator to easily maximize memory allocation to the desired features based on deployment-specific requirements.
- **Local Proxy Address Resolution Protocol (ARP)** works in conjunction with Private VLAN Edge to minimize broadcasts and maximize available bandwidth.
- **Internet Group Management Protocol (IGMP)** Snooping for IPv4 and IPv6 MLD v1 and v2 Snooping provide fast client joins and leaves of multicast streams and limit bandwidth-intensive video traffic to only the requestors.
- **Per-port broadcast, multicast, and unicast storm control** prevents faulty end stations from degrading overall systems performance.
- **Voice VLAN** simplifies telephony installations by keeping voice traffic on a separate VLAN for easier administration and troubleshooting.
- **Cisco VLAN Trunking Protocol (VTP)** supports dynamic VLANs and dynamic trunk configuration across all switches.
- **Switch Port Analyzer (SPAN)** allows administrators to monitor ports in a Layer 2 switch network from any other switch in the same network.
- For enhanced traffic management, monitoring, and analysis, the Embedded **Remote Monitoring (RMON)** software agent supports four RMON groups (history, statistics, alarms, and events).
- **Trivial File Transfer Protocol (TFTP)** reduces the cost of administering software upgrades by downloading from a centralized location.
- **Network Timing Protocol (NTP)** provides an accurate and consistent timestamp to all intranet switches.
- **Cisco Emergency Responder (CER)** enhances emergency calling from Cisco Unified CallManager. It helps assure that Cisco Unified CallManager sends emergency calls to the appropriate Public Safety Answering Point (PSAP) for the caller's location.

#### Layer 2 Networking

The Cisco 2960-S and 2960 Series Switches provide Layer 2 networking to enable availability.

Features include but are not limited to:

- **IEEE 802.1s/w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) and Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP)** provide rapid spanning-tree convergence independent of spanning-tree timers and also offers the benefit of Layer 2 load balancing and distributed processing.
- **Per-VLAN Rapid Spanning Tree (PVRST+)** allows rapid spanning-tree reconvergence on a per-VLAN spanning-tree basis, without requiring the implementation of spanning-tree instances.
- **Switch-port autorecovery (Errdisable)** automatically attempts to reactivate a link that is disabled because of a network error.
- **Up to 64 VLANs** and up to 64 spanning-tree instances per switch are supported.

#### Quality of Service

The Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches offers intelligent services that keep everything flowing smoothly. Industry-leading mechanisms for marking, classification, and scheduling deliver superior performance for data, voice, and video traffic, all at wire speed.

Following are some of the QoS features supported in the Cisco 2960-S and 2960 Series Switches:

- **802.1p class of service (CoS)** classification provides differentiated services when best-effort traffic delivery is insufficient.
- **Four egress queues per port** help enable differentiated management of different traffic types across the stack.
- **Shaped Round Robin (SRR)** scheduling helps ensure differential prioritization of packet flows by intelligently servicing the ingress queues and egress queues.
- **Weighted Tail Drop (WTD)** provides congestion avoidance at the ingress and egress queues before a disruption occurs.

Tables 3, 4, 5, 6 and 7 provide hardware features, power specifications, management and standards, and safety and compliance information for the Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Lite Software.

**Table 3.** Hardware Features for Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Lite Software

| Performance and Scalability Numbers for All Switch Models |  |
|---|--|
| Forwarding bandwidth                                      | 16 Gbps (2960), 50 Gbps (2960-S)       |
| Flash memory  | 32 MB (2960), 64 MB (2960-S)           |
| Memory DRAM   | 64 MB (2960), 128 MB (2960-S)          |
| Max VLANs   | 64                                     |
| VLAN IDs  | 4000                                   |
| Maximum transmission unit (MTU)                           | Up to 9198 bytes                       |
| Jumbo frames  | 9016 bytes (2960), 9216 bytes (2960-S) |
| Forwarding Rate   |  |
| 2960S-48TS-S  | 74.4 mpps                              |
| 2960S-24TS-S  | 38.7 mpps                              |
| 2960-8TC-S  | 2.7 mpps                               |

# SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

|  |         |           |      |
|--|---------|-----------|------|
| 2960-24-S                                  |         | 3.6 mpps  |      |
| 2960-24TC-S                                |         | 6.5 mpps  |      |
| 2960-24PC-S                                |         | 6.5 mpps  |      |
| 2960-24LC-S                                |         | 6.5 mpps  |      |
| 2960-48TT-S                                |         | 10.1 mpps |      |
| 2960-48TC-S                                |         | 10.1 mpps |      |
| 2960-48PST-S                               |         | 13.3 mpps |      |
| Resource                                   | Default | QoS       | Dual |
| Unicast MAC addresses                      | 8000    | 8000      | 8000 |
| IPv4 IGMP groups                           | 256     | 256       | 256  |
| IPv4 MAC QoS access control entries (ACEs) | 128     | 384       | 0    |
| IPv4 MAC security ACEs                     | 384     | 128       | 256  |

Connectors and Cabling and Indicators

- 10BASE-T ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 3, 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling
- 100BASE-TX ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 5 UTP cabling
- 1000BASE-T ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling
- 1000BASE-T SFP-based ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling
- 1000BASE-SX, -LX/LH SFP-based ports: LC fiber connectors (single- and multimode fiber)
- 100Base-FX: LC fiber connectors (single- and multimode fiber)

- Customers can provide power to a switch only by using the internal power supply. The connector is located at the back of the switch. These switches do not have a redundant-power-supply port.
- The internal power supply is an auto-ranging unit.
- The internal power supply supports input voltages between 100 and 240 VAC.
- Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet.

- Per-port status: Link integrity, disabled, activity, speed, and full duplex
- System status: System, link status, link duplex, PoE, and link speed

- Per-port status: Link integrity, disabled, activity, speed, and full duplex
- System status: System, link status, link duplex, PoE, and link speed

Dimensions (H x W x D)

| Model        | Inches             | Centimeters      |
|--------------|--------------------|------------------|
| 2960S-48TS-S | 1.75 x 17.7 x 11.8 | 4.5 x 45 x 30    |
| 2960S-24TS-S | 1.75 x 17.7 x 11.8 | 4.5 x 45 x 30    |
| 2960-8TC-S   | 1.73 x 10.6 x 6.4  | 4.4 x 27 x 16.3  |
| 2960-24-S    | 1.73 x 17.7 x 9.52 | 4.4 x 45 x 24.2  |
| 2960-24TC-S  | 1.73 x 17.7 x 9.52 | 4.4 x 45 x 24.2  |
| 2960-24PC-S  | 1.73 x 17.7 x 13   | 4.4 x 45 x 33.02 |
| 2960-24LC-S  | 1.73 x 17.7 x 13   | 4.4 x 45 x 33.02 |
| 2960-48TT-S  | 1.73 x 17.7 x 9.52 | 4.4 x 45 x 24.2  |
| 2960-48TC-S  | 1.73 x 17.7 x 9.52 | 4.4 x 45 x 24.2  |
| 2960-48PST-S | 1.73 x 17.7 x 13   | 4.4 x 45 x 33.02 |

Weight

| Model        | Pounds | Kilograms |
|--------------|--------|-----------|
| 2960S-48TS-S | 10.5   | 4.8       |
| 2960S-24TS-S | 10     | 4.5       |
| 2960-8TC-S   | 3      | 1.4       |
| 2960-24-S    | 8      | 3.6       |
| 2960-24TC-S  | 8      | 3.6       |

# SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

|  |                          |                    |               |                |
|--|--------------------------|--------------------|---------------|----------------|
| 2960-24PC-S  | 12                       | 5.4                |               |                |
| 2960-24LC-S  | 10                       | 4.5                |               |                |
| 2960-48TT-S  | 8                        | 3.6                |               |                |
| 2960-48TC-S  | 8                        | 3.6                |               |                |
| 2960-48PST-S   | 12                       | 5.4                |               |                |
| Environmental ranges   |                          |                    |               |                |
|  | Fahrenheit               | Centigrade         |               |                |
| Operating temperature up to 5000 ft (1500 m)                                 | 23° to 113°F             | -5° to 45°C        |               |                |
| Operating temperature up to 10,000 ft (3000 m)                               | 23° to 104°F             | -5° to 40°C        |               |                |
| Short-term exception at sea level*   | 23° to 31°F              | -5° to +55°C       |               |                |
| Short-term exception up to 5,000 feet (1500 m)*                              | 23° to 122°F             | -5° to +50°C       |               |                |
| Short-term exception up to 10,000 feet (3000 m)*                             | 23° to 113°F             | -5° to +45°C       |               |                |
| Storage temperature  | Same as above            | Same as above      |               |                |
|  | Feet                     | Meters             |               |                |
| Operating altitude   | Up to 10,000             | Up to 3000         |               |                |
| Storage altitude   | Up to 13,000             | Up to 4000         |               |                |
| Operating relative humidity  | 10% to 95% noncondensing |                    |               |                |
| Storage relative humidity  | 10% to 95% noncondensing |                    |               |                |
| Acoustic noise   |                          |                    |               |                |
| Measured per ISO 7779 and declared per ISO 9296.                             |                          |                    |               |                |
| Bystander positions operating mode at 25°C ambient.                          |                          |                    |               |                |
|  | Sound Pressure           |                    |               |                |
|  | Sound Power              |                    |               |                |
| Model  | LpA<br>(Typical*)        | LpAD<br>(Maximum*) | LwA (Typical) | LwAD (Maximum) |
| 2960S-48TS-S   | 44 dB                    | 47 dB              | 5.4 B         | 5.7 B          |
| 2960S-24TS-S   |                          |                    |               |                |
| 2960-24-S  | 40 dB                    | -                  | -             | -              |
| 2960-24TC-S  | 40 dB                    | -                  | -             | -              |
| 2960-24PC-S  | 48 dB                    | -                  | -             | -              |
| 2960-24LC-S  | 48 dB                    | -                  | -             | -              |
| 2960-48TT-S  | 40 dB                    | -                  | -             | -              |
| 2960-48TC-S  | 40 dB                    | -                  | -             | -              |
| 2960-48PST-S   | 48 dB                    | -                  | -             | -              |
| *Typical: Noise emission for a typical configuration and PoE load up to 185W |                          |                    |               |                |
| *Maximum: Statistical maximum to account for production variations           |                          |                    |               |                |
| Mean time between failures (MTBF)  |                          |                    |               |                |
| 2960S-48TS-S   | 357,740 hours            |                    |               |                |
| 2960S-24TS-S   | 335,014 hours            |                    |               |                |
| 2960-8TC-S   | 615,549 hours            |                    |               |                |
| 2960-24-S  | 429,847 hours            |                    |               |                |
| 2960-24TC-S  | 403,745 hours            |                    |               |                |
| 2960-24PC-S  | 242,818 hours            |                    |               |                |
| 2960-24LC-S  | 311,007 hours            |                    |               |                |

|   |               |
|---|---------------|
| 2960-48TT-S   | 339,743 hours |
| 2960-48TC-S   | 336,983 hours |
| 2960-48PST-S  | 181,979 hours |
| *Not more than the following in a 1-year period. 96 consecutive hours, or 360 hours total, or 15 occurrences. |               |
| <b>Note:</b> Compact switch 2960-8TC-S (no fan) has 0 dB sound pressure.                                      |               |

**Table 4.** Power Specifications for Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Lite Software

| Description   | C2960-S and C2960 Specifications |               |             |              |                                       |
|---|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------------------------------------|
| Models  | C2960S-48TS-S                    | C2960S-24TS-S | C2960-8TC-S | C2960-24TC-S | C2960-24PC-S                          |
| <b>100 Percent Throughput</b>                                   |                                  |               |             |              |                                       |
| Measured Power Consumption                                      | 53W                              | 36W           | 12W         | 22W          | 27W                                   |
| <b>5 Percent Throughput</b>                                     |                                  |               |             |              |                                       |
| Measured Power Consumption                                      | 50W                              | 36W           | 11W         | 21W          | 24W                                   |
| <b>5 Percent Throughput (with 50 Percent PoE Loads)</b>         |                                  |               |             |              |                                       |
| Measured Power Consumption                                      | -                                | -             | -           | -            | Switch Power: 237W<br>PoE Power: 185W |
| <b>100 Percent Throughput (with Maximum Possible PoE Loads)</b> |                                  |               |             |              |                                       |
| Measured Power Consumption                                      | -                                | -             | -           | -            | Switch Power: 433W<br>PoE Power: 357W |

| Description   | C2960 Specifications                  |              |              |                                       |
|---|---------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|
| Models  | C2960-24LC-S                          | C2960-48TT-S | C2960-48TC-S | C2960-48PST-S                         |
| <b>100 Percent Throughput</b>                                   |                                       |              |              |                                       |
| Measured Power Consumption                                      | 79W                                   | 71W          | 55W          | 52W                                   |
| <b>5 Percent Throughput</b>                                     |                                       |              |              |                                       |
| Measured Power Consumption                                      | 78W                                   | 70W          | 54W          | 50W                                   |
| <b>5 Percent Throughput (with 50 Percent PoE Loads)</b>         |                                       |              |              |                                       |
| Measured Power Consumption                                      | Switch Power: 98W<br>PoE Power: 62W   | -            | -            | Switch Power: 460W<br>PoE Power: 339W |
| <b>100 Percent Throughput (with Maximum Possible PoE Loads)</b> |                                       |              |              |                                       |
| Measured Power Consumption                                      | Switch Power: 162W<br>PoE Power: 119W | -            | -            | Switch Power: 262W<br>PoE Power: 187W |

**Table 5.** Voltage and Power Rating for Cisco Catalyst 2960-S and 2960 Series Switches with LAN Lite Software

| Voltages and Power Rating |                       |              |             |
|---------------------------|-----------------------|--------------|-------------|
| Model                     | Voltage (Autoranging) | Current      | Frequency   |
| 2960S-48TS-S              | 100 to 240 VAC        | 1 to 0.5 A   | 50 to 60 Hz |
| 2960S-24TS-S              | 100 to 240 VAC        | 1 to 0.5 A   | 50 to 60 Hz |
| 2960-8TC-S                | 100 to 240 VAC        | 0.5 to 0.3 A | 50 to 60 Hz |
| 2960-24-S                 | 100 to 240 VAC        | 1.3 to 0.8 A | 50 to 60 Hz |
| 2960-24TC-S               | 100 to 240 VAC        | 1.3 to 0.8 A | 50 to 60 Hz |
| 2960-24PC-S               | 100 to 240 VAC        | 8.0 to 4.0 A | 50 to 60 Hz |



## 6. Hoja de Especificaciones Técnicas del Router/Centralita Cisco UC540.



Data Sheet

### Cisco Unified Communications 540: A Complete Voice and Data Solution for Small Business

For small business employees to communicate effectively with suppliers and customers in today's competitive business environment, they need ready access to information, updated in real time. They also need to stay connected -- to each other and to the business applications they use to do their jobs. With the right solution, your business can collaborate more effectively and problem-solve like never before.

The Cisco® Unified Communications 540 (Figure 1), a central part of the Cisco Smart Business Communications System (SBCS), is an affordable unified communications appliance that provides voice and data communications, voicemail, automated attendant, video, security, and wireless capabilities while integrating with existing desktop applications such as calendar, email, and other tested third-party applications. This easy-to-use solution supports up to 32 users and provides flexible deployment options based on your needs, supporting a wide array of IP phones, public switched telephone network (PSTN) interfaces, and Internet connectivity.

The Cisco Smart Business Communications System enables businesses to enhance how they reach, serve, and retain customers. It is a complete small business solution that gives your staff anytime, anywhere access to business information and applications, making it easier than ever to communicate with customers and each other. The SBCS consists of different devices based on your needs, and includes the Cisco Unified Communications 540, Cisco IP phones, PoE Switches, wireless access points, approved third-party applications, and the Cisco Configuration Assistant for management.

**Figure 1.** Cisco Unified Communications 540



#### Key Features with Benefits

##### Unified Communications

- IP based all-in-one solution designed for small business with up to five sites networked with inter-office dialing
- Flexible call processing deployment options including private branch exchange (PBX) or key system mode, allowing for easy transition to new system based on existing phone system
- Full-featured voice messaging and automated attendant to help improve communication among employees and with customers

- Easy access to voicemail messages from any phone, from the VoiceView Express IP phone display application, or via Microsoft Outlook or Outlook Express
- Fax Mail per user where faxes received are delivered direct to the desktop email client or redirect to any fax machine when checking voice mail via phone
- Choice of Cisco Unified IP Phones 6900 and 7900 Series and Cisco Small Business SPA Series IP Phones, including wireless handsets and Session Initiation Protocol (SIP) phones
- When traveling or working from home, employees can stay in touch using the Cisco IP Communicator soft phone on any Windows PC.
- Video telephony is as easy as making a voice call by adding a Cisco USB video camera to any 7900 Series phone, selected 6900 Series models or to the IP Communicator soft phone and can be used between sites.

#### **PSTN Connectivity**

- Phone line connectivity using analog lines (FXO) or ISDN Basic Rate Interface (BRI) with optional digital trunks (T1/E1/PRI) providing flexibility to add trunking as the business grows
- Built-in costs saving SIP trunking with preset configurations from major carriers
- Four analog phone connections (FXS) included for support of traditional fax machines or analog phones

#### **Secure Network Foundation**

- Network security included at no extra cost, including Cisco IOS® Firewall to protect the entry point into your network.
- Virtual private network (VPN) IPsec for site to site networking and SSL providing remote users highly secure access to the network included.
- An integrated 8-port Power over Ethernet (PoE) LAN switch for IP phones and other SBCS devices allowing for single box small office deployments
- Ability to expand switching capabilities through expansion ports with Cisco Small Business ESW 500 Series Switches, available with Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, and PoE or Cisco 300 Series Managed Switches allowing for easy configuration using SmartPort roles delivering business growth and flexibility to deploy switching where needed
- Integrated wireless LAN (WLAN) 802.11b/g capability, including support for data and voice giving freedom to employee's to work from any location in the office.
- Optional external Cisco access points to enable mobile networking (data and voice) for larger office spaces, which can help increase employee flexibility and productivity

#### **Applications**

- Smart Business Productivity Applications are included with each UC500 Series model to help enhance employee productivity:
  - Cisco TimeCardView tracks employee hours worked and provides reports to managers showing who is in the office, with the ability to import hours directly to QuickBooks
  - Cisco Single Number Reach allows callers to reach employees at their desks or mobile phones for improved customer service or to close sales more quickly
  - Live Record and Live Reply enable Cisco Unity Express subscribers to record live conversations and store the recording as a message in their mailbox and reply to other user's messages
- Cisco Smart CallConnectors provide call control, click to dial, inbound screen pop, presence, and instant messaging, all integrated with popular Windows applications including Microsoft Outlook and Internet Explorer.

- Cisco MonitorView on the Cisco SPA525G2 IP Phone provides monitoring for up to four video surveillance cameras from the phone display

#### Simplified Configuration and Network Management

- Cisco Configuration Assistant, a Windows based application for easy configuration of the UC540 and related SBCS devices, including unified communications (phones and software), switching, routing, Smart Productivity Applications plus security
- CCA can simplify deployment of advanced UC540 features such as Basic ACD and Meet-me conferencing, as well as configure UC540 to integrate with approved 3rd party applications.
- Cisco Office Manager is a no-cost desktop application that the small business office administrator can use to independently perform routine operational tasks for the Cisco SBCS after it is configured by the partner.

#### Product Specifications

For detailed SBCS feature descriptions see the SBCS Feature Description Guide available here.

[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6882/ps10585/cisco\\_sbc\\_sfdg\\_c07-557625-02.pdf](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6882/ps10585/cisco_sbc_sfdg_c07-557625-02.pdf).

For hardware specifications plus telecommunications and wireless compliance and licensing details, please see the Cisco Unified Communications 540 Hardware Reference Guide available here:

[http://www.cisco.com/en/US/partner/products/ps7293/products\\_data\\_sheets\\_list.html](http://www.cisco.com/en/US/partner/products/ps7293/products_data_sheets_list.html).

#### Warranty Information

The Cisco Unified Communications 540 has 1 year of hardware support and 90 days of software support through the Small Business Support Center.

Find detailed warranty information on Cisco.com at the [Product Warranties](#) page.

#### Ordering Information

Cisco Small Business products are exclusively offered through Cisco distribution partners.

Table 1 gives the ordering information for the Cisco Unified Communications 540, licenses, and accessories. Table 2 lists the modules and interface cards available. Table 3 gives the physical specifications for the Cisco Unified Communications 540.

Table 1. Ordering Information

| Product SKU     | Detailed Description   |
|-----------------|--|
| UC540W-FXO-K9   | Cisco Unified Communications 540 with 24 user licenses for UC and integrated messaging, 4 FXO ports, 4 FXS ports, 8 PoE 10/100 ports, integrated wireless, and 1 VIC slot. Upgradable to 32 users max. |
| UC540W-BRI-K9   | Cisco Unified Communications 540 with 24 user licenses for UC and integrated messaging, 2 BRI ports, 8 PoE 10/100 ports, integrated wireless, and 1 VIC slot. Upgradable to 32 users max.              |
| L-UC-PRO-8U=    | E-delivery license for the Cisco Unified Communications 500 Series for 8 additional users  |
| ACS-UC500RM-19= | Optional 19-inch rack-mount kit for the Cisco Unified Communications 500 Series  |
| PWR-UC500-220W= | Cisco Unified Communications 500 Series desktop power adapter 120–240 VAC, 220W (Spare)  |
| CON-SBS-SVC4    | 3-year Cisco Small Business Support Service  |

Table 2. Modules and Interface Cards Supported in the single open slot

| Product SKU    | Description                                |
|----------------|--|
| VIC-4FXS/DID   | 4-port VIC-FXS/direct inward dialing (DID) |
| VIC-3-4FXS/DID | 4-port VIC-FXS/direct inward dialing (DID) |
| VIC2-FXS       | 2-port VIC-FXS                             |

Data Sheet

| Product SKU      | Description   |
|------------------|---|
| VIC2-2FXO        | 2-port VIC-FXO (universal)  |
| VIC3-2FXS/DID    | 2-port VIC-FXS/DID (note that the VIC3-2FXS/DID requires Cisco IOS Software Release 12.4(20)T or later)                       |
| VIC2-4FXO        | 4-port VIC-FXO (universal)  |
| VIC2-2BRI-NT/TE  | 2-port VIC-BRI (network terminal [NT] and terminal equipment [TE])  |
| VVIC2-1MFT-T1/E1 | 1-port VVIC-T1/E1 for voice (ISDN Primary Rate Interface [PRI] and channel associated signaling [CAS]); data is not supported |

Table 3. Physical Specifications

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Mounting                        | Desktop or wall mount included. Optional rack-mount kit available. |
| Dimensions (HxWxD)              | 2.625 x 10.5 x 11.05 in.<br>(6.67 x 26.67 x 28.07 cm)              |
| Power supply dimensions (HxWxD) | 1.7 x 4 x 7.5 in.<br>(4.3 x 10.16 x 19.05 cm)                      |
| Weight                          | 8 lb (3.63 kg)   |
| Power supply                    | External 100–240 VAC, 50–60 Hz, 2–4A input current                 |

### Cisco Small Business Support Service for the Cisco Unified Communications 540

The new Cisco Small Business Support Service provides “peace of mind” coverage at an affordable price, and helps you get the most value from your Cisco Small Business solution. This device-level, subscription-based service includes software upgrades and updates, extended access to the Cisco Small Business Support Center, and next-business-day hardware replacement as necessary. It provides community-based support to enable small businesses to share knowledge and collaborate using online forums and wikis to help boost business efficiency, identify and reduce risks, and serve customers better.

### For More Information

For more information about Cisco Small Business solutions, visit <http://www.cisco.com/go/smallbusiness>. For more information on the Cisco Unified Communications 500 Series, visit: <http://www.cisco.com/go/uc500> or contact your local Cisco account representative.

Cisco partners can also visit: <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10585/index.html>.



Americas Headquarters  
Cisco Systems, Inc.  
San Jose, CA

Asia Pacific Headquarters  
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.  
Singapore

Europe Headquarters  
Cisco Systems International BV Amsterdam,  
The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at [www.cisco.com/go/offices](http://www.cisco.com/go/offices).

Cisco and the Cisco Logo are trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and other countries. A listing of Cisco's trademarks can be found at [www.cisco.com/go/trademarks](http://www.cisco.com/go/trademarks). Third party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (1005R)

Printed in USA

C78-554289-04 8/11

## 7. Hoja de Especificaciones Técnicas del Teléfono IP Cisco SPA 501G.



Data Sheet

Cisco Small Business Cisco Small Business Cisco Small Business Cisco Small Business

### Cisco SPA501G Basic 8-Line IP Phone



#### Highlights

- Full-featured 8-line business-class IP phone supporting Power over Ethernet (PoE)
- Connects directly to an Internet telephone service provider or to an IP private branch exchange (PBX)
- Easy installation and highly secure remote provisioning, as well as menu-based and web-based configuration
- Wideband audio for unsurpassed voice clarity and enhanced speaker quality
- Paper label insert for buttons to indicate speed dials, shared lines, or extensions
- Supports up to two Cisco® SPA500S Expansion Module, adding an additional 64 buttons \*
- Supports both Session Initiation Protocol (SIP) and Smart Phone Control Protocol (SPCP) with the Cisco Unified Communications 500 Series for Small Business

#### Comprehensive Interoperability and SIP-Based Feature Set

Part of the Cisco Small Business Pro Series, the SIP-based Cisco SPA501G Basic 8-Line IP Phone (Figure 1) has been tested to ensure comprehensive interoperability with equipment from voice over IP (VoIP) infrastructure leaders, enabling service providers to quickly roll out competitive, feature-rich services to their customers.

With hundreds of features and configurable service parameters, the Cisco SPA501G addresses the requirements of traditional business users while building on the advantages of IP telephony. Features such as easy station moves and shared line appearances (across local and geographically dispersed locations) are just some of the many advantages of the Cisco SPA501G.

#### Carrier-Grade Security, Provisioning, and Management

The Cisco SPA501G uses standard encryption protocols to perform highly secure remote provisioning and unobtrusive in-service software upgrades. Remote provisioning tools include detailed performance measurement and troubleshooting features, enabling network providers to deliver high-quality support to their subscribers. Remote provisioning also saves service providers the time and expense of managing, preloading, and reconfiguring customer premises equipment.

**Figure 1.** Cisco SPA501G Basic 8-Line IP Phone



#### Telephony Features

- Eight voice lines
- Four Independent SIP Registrations\*
- Line status: active line indication
- User interface driven by Interactive Voice Response (IVR)
- Shared line appearance\*\*
- Speakerphone
- Call hold
- Music on hold\*\*
- Call waiting
- Outbound caller ID blocking
- Call transfer: attended and blind
- Three-way call conferencing with local mixing
- Multiparty conferencing via external conference bridge
- Automatic redial of last calling and last called numbers
- On-hook dialing
- Call pickup: selective and group\*\*
- Call park and unpark\*\*
- Call swap
- Call back on busy
- Call blocking: anonymous and selective
- Call forwarding: unconditional, no answer, on busy
- Hot line and warm line automatic calling
- Call logs (60 entries each): made, answered, and missed calls
- Personal directory with auto-dial (100 entries)
- Do not disturb
- Digits dialed with number auto-completion
- Anonymous caller blocking
- Uniform Resource Identifier (URI) (IP) dialing support (vanity numbers)

#### Regulatory Compliance

- FCC (Part 15, Class B), CE Mark, A-Tick, C-Tick, Telepermit, UL, CB

#### Security Features

- Password-protected system, preset to factory default
- Password-protected access to administrator and user-level features
- HTTPS with factory-installed client certificate
- HTTP digest: encrypted authentication via MD5 (RFC 1321)
- Up to 256-bit Advanced Encryption Standard (AES) encryption
- SIP over Transport Layer Security (TLS)
- Secure Real-Time Transport Protocol (SRTP)

# SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

Data Sheet

Cisco Small Business

| Specifications                                       |   |
|--|---|
| <b>Voice gateway</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• SIP version 2 (RFC 3261, 3262, 3263, 3264)</li> <li>• SPCP with the Cisco Unified Communications 500 Series</li> <li>• SIP proxy redundancy: dynamic via DNS SRV, A records</li> <li>• Reregistration with primary SIP proxy server</li> <li>• SIP support in NAT networks (including STUN)</li> <li>• SIPFrag (RFC 3420)</li> <li>• Secure (encrypted) calling via SRTP</li> <li>• Codec name assignment</li> <li>• Voice algorithms: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ G.711 (A-law and <math>\mu</math>-law)</li> <li>◦ G.726 (16/24/32/40 kbps)</li> <li>◦ G.729 A</li> <li>◦ G.722</li> </ul> </li> <li>• Dynamic payload support</li> <li>• Adjustable audio frames per packet</li> <li>• Dual-tone multifrequency (DTMF), in-band and out-of-band (RFC 2833) (SIP INFO)</li> <li>• Flexible dial plan support with interdigit timers</li> <li>• IP address/URI dialing support</li> <li>• Call progress tone generation</li> <li>• Jitter buffer: adaptive</li> <li>• Frame loss concealment</li> <li>• Comfort Noise Generation (CNG)</li> <li>• Voice activity detection (VAD) with silence suppression</li> <li>• Attenuation/gain adjustments</li> <li>• VMWI - Voicemail waiting indicator, via NOTIFY, SUBSCRIBE</li> <li>• Third-party call control (RFC 3725)</li> </ul> |
| <b>Provisioning, administration, and maintenance</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrated web server provides web-based administration and configuration</li> <li>• Telephone keypad configuration via display menu/navigation</li> <li>• Automated provisioning and upgrade via HTTPS, HTTP, TFTP</li> <li>• Asynchronous notification of upgrade availability via NOTIFY</li> <li>• Nonintrusive in-service upgrades</li> <li>• Report generation and event logging</li> <li>• Statistics transmitted in BYE message</li> <li>• Syslog and debug server records: configurable per line</li> </ul>   |
| <b>Power supply</b>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Power supply is optional and is purchased separately <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Models: Cisco PA100-NA, PA100-EU, PA100-UK, PA100-AU</li> </ul> </li> <li>• DC output voltage: +5 VDC at 2.0A maximum</li> <li>• Switching power adapter: 100-240V 50-60 Hz AC input</li> </ul>  |
| <b>Physical interfaces</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Two 10/100BASE-T RJ-45 Ethernet ports (IEEE 802.3)</li> <li>• Handset: RJ-9 connector</li> <li>• Built-in speakerphone and microphone</li> <li>• Headset 2.5mm jack</li> </ul>   |
| <b>Indicator lights/LEDs</b>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Speakerphone on/off button with LED</li> <li>• Headset on/off button with LED</li> <li>• Mute button with LED</li> <li>• Message waiting LED</li> </ul>  |
| <b>Body dimensions (W x H x D)</b>                   | 8.42 x 8.35. x 1.73 in. (214 x 212 x 44 mm)   |
| <b>Unit weight</b>                                   | 2.00 lb ( 0.9 kg)   |
| <b>Operating temperature</b>                         | 32° ~ 104°F (0° ~ 40°C)   |
| <b>Storage temperature</b>                           | -4° ~ 158°F (-20° ~ 70°C)   |
| <b>Operating humidity</b>                            | 5% to 95% noncondensing   |
| <b>Storage humidity</b>                              | 5% to 95% noncondensing   |



Table 2 compares the SPA501G Basic 8-Line IP Phone with other Cisco SPA 500 Series IP Phones.

**Table 2.** Cisco SPA Series IP Phone Comparison

| Model            | Voice Lines | Ethernet Ports | High- Resolution Graphical Display | PoE Support |
|------------------|-------------|----------------|------------------------------------|-------------|
| SPA501G          | 8           | 2              | No                                 | Yes         |
| SPA502G          | 1           | 2              | Yes                                | Yes         |
| SPA504G          | 4           | 2              | Yes                                | Yes         |
| SPA508G          | 8           | 2              | Yes                                | Yes         |
| SPA509G          | 12          | 2              | Yes                                | Yes         |
| SPA525G/SPA525G2 | 5           | 2              | Color                              | Yes         |

Tables 3 and 4 give part numbers for the Cisco SPA501G and optional support and accessories.

**Table 3.** Ordering Information

| Part Number  | Description                                 |
|--------------|---|
| SPA501G      | Cisco SPA501G Basic 8-Line IP Phone         |
| CON-SBS-SVC1 | 3-year Cisco Small Business Support Service |

**Table 4.** Optional Accessories

| Part Number | Description   |
|-------------|---|
| MB100       | Wall-mount brackets for SPA500, CP500, and SPA 900 Series   |
| PA100-NA    | Power supply for SPA500, CP500, and SPA 900 Series-5V/2A (North America style plug)                                       |
| PA100-UK    | Power supply for SPA500, CP500, and SPA 900 Series-5V/2A (UK style plug )   |
| PA100-EU    | Power supply for SPA500, CP500, and SPA 900 Series-5V/2A (EU style plug)  |
| PA100-AU    | Power supply for SPA500, CP500, and SPA9xx-5V/2A (AU style plug). Power supply for SPA500 and SPA 900 Series-5V/2A ( NA ) |
| WBP54G      | 802.11b/g wireless bridge   |

### Service and Support

The Cisco Small Business Support Service provides three years affordable peace of mind coverage, to help protect your investment and derive maximum value from your Cisco Small Business solution. The subscription-based service offers software updates, telephone and online chat access to the Cisco Small Business Support Center, and next business day hardware replacement.

Cisco Small Business products are supported by professionals in Cisco Small Business Support Center locations worldwide who are specifically trained to understand your needs. The Cisco Small Business Support Community, an online forum, enables you to collaborate with your peers and reach Cisco technical experts for support information.

### Warranty

This Cisco Small Business product is covered by a Cisco 1-year limited hardware warranty with return to factory replacement and a 90-day limited software warranty. In addition, Cisco offers software updates for bug fixes for the warranty term, and telephone and online chat technical support at no charge for the first 12 months following the date of purchase. To download software updates, go to: <http://www.cisco.com/cisco/web/download/index.html>.

Product warranty terms and other information applicable to Cisco products are available at <http://www.cisco.com/go/warranty>.

## 8. Hoja de Especificaciones Técnicas del Servidor Dell R210.



### Dell PowerEdge R210 II

The Dell™ PowerEdge™ R210 II is an enterprise-ready, ultra-compact 1-socket rack server made for single-tier architectures.

#### Even better for business

Tailored to meet the needs of growing businesses and remote offices by offering enterprise-level performance, the compact PowerEdge R210 II rack server has what your business needs to increase productivity and provide better protection for important business data. The PowerEdge R210 II offers key data security and flexibility features. Whether it is running business applications that facilitate data sharing and protection or providing the management and scalability needed to support your business growth, the PowerEdge R210 II is an ideal choice for businesses and remote offices seeking exceptional performance.

#### Business value

The Dell PowerEdge R210 II has a choice of options that deliver value, including the required processor performance for business applications as well as impressive scalability to meet your business needs. The PowerEdge R210 II offers:

- Technology that delivers value with performance along with essential features to operate your small businesses efficiently.
- A range of technology options customizable to suit your business needs.
- A full selection of Intel® processors to meet your performance needs. Choose from Intel Xeon® processor E3-1200 product family, Intel Xeon® processor E3-1200 V2 product family, Intel Pentium® G600 and G800 series, or Intel Celeron® G400 and G500 series.

#### Flexible, secure technology

Securing your most valuable asset, your data, is important. That is why the PowerEdge R210 II has built-in redundant hard drives, encryption, security and other data protection options to help keep your data as safe as possible. Coupled with the latest version of Windows® Small Business Server 2011 (SBS 2011), the PowerEdge R210 II delivers an integrated solution that can further protect your data by providing automatic backup and restore functionality as well as offering email, remote access and collaboration to help take your business to the next level. The R210 II also includes lower wattage power supplies and features a built-in user interface for ease of deployment. With the PowerEdge R210 II you can:

- Protect data with hardware- and software-enabled

December 2012

encryption.

- Secure business information with a RAID configuration to make copies of data automatically.
- Provide email, collaboration, remote access and automatic backup and data restore functionality with Windows Small Business Server 2011.
- Make server deployment easy with the optional embedded management and deployment controller.

#### Easy to manage

The Dell PowerEdge R210 II lets you focus on running your business. The optional advanced embedded management engine, Dell Lifecycle Controller, automates common management tasks and enables zero-media, low-touch deployment that is efficient, secure and user-friendly.

The optional Dell Lifecycle Controller is integrated on the server and can simplify administrator tasks by performing a complete set of provisioning functions such as system deployment, system updates, hardware configuration and diagnostics from a single intuitive interface called Unified Server Configurator in a pre-OS environment. This eliminates the need to use and maintain multiple pieces of disparate CD/DVD media. With Dell Lifecycle Controller server deployment automation, the R210 II is up and running fast.

The PowerEdge R210II  
offers performance  
and features for  
businesses and  
remote offices alike.

# SISTEMA DE COMUNICACIONES TIERRA-TIERRA MEDIANTE ANILLO DE FIBRA ÓPTICA ENTRE EMPLAZAMIENTOS DE NAVEGACIÓN AÉREA

| Feature                               | PowerEdge R210 II Technical Specification   |
|---------------------------------------|---|
| Form Factor                           | 1U rack   |
| Processors                            | Intel® Xeon® processor E3-1200 product family<br>Intel Xeon processor E3-1200 V2 product family<br>Dual-core Intel Pentium® G600 and G800 series<br>Dual-core Intel Celeron® G400 and G500 series   |
| Processor Sockets                     | 1   |
| Front Side Bus or HyperTransport      | DMI II (Direct Media Interface)   |
| Cache                                 | 8MB   |
| Chipset                               | Intel C202  |
| Memory <sup>1</sup>                   | Up to 32GB (4 DIMMs): 1GB/2GB/4GB/8GB DDR3 up to 1600MHz  |
| I/O Slots                             | One PCIe x16 G2 slot  |
| RAID Controller                       | <b>Internal controllers:</b><br>PERC H200 (6Gb/s)<br>PERC S100 (software based)<br>PERC S300 (software based)<br><b>External HBAs (non-RAID):</b><br>PERC H800 (6Gb/s) with 512MB of battery-backed cache; 512MB, 1GB non-volatile battery-backed cache<br><b>External HBAs (non-RAID):</b><br>6Gbps SAS HBA  |
| Drive Bays                            | <b>Cabled options available:</b><br>Up to two 3.5" SAS, SATA or SSD drives  |
| Maximum Internal Storage <sup>1</sup> | Up to 6TB   |
| Hard Drives                           | <b>Cabled hard drive options:</b><br>2.5" SATA SSD, SAS (10K)<br>3.5" SAS (15K), nearline SAS (7.2K), SATA (7.2K, 5.4K)   |
| Communications                        | Broadcom® NetXtreme® 5709 Dual Port Gigabit Ethernet NIC, Copper, with TOE PCIe x4<br>Broadcom NetXtreme 5709 Dual Port Gigabit Ethernet NIC, Copper, TOE/iSCSI PCIe x4<br>Broadcom NetXtreme II 5709 Quad Port Gigabit Ethernet NIC, Copper, with TOE/iSCSI PCIe x4<br>Intel Gigabit ET Dual Port Adapter, Gigabit Ethernet NIC, PCIe x4<br>Intel Gigabit ET Quad Port Adapter, Gigabit Ethernet NIC, PCIe x4  |
| Power Supply                          | Single cabled power supply, 250W (80+ SILVER)   |
| Availability                          | Quad-pack LED diagnostics, ECC Memory, add-in RAID, TPM/TCM   |
| Video                                 | Matrox® G200eW with 8MB memory  |
| Remote Management                     | iDRAC6 optional   |
| Systems Management                    | Dell™ OpenManage™<br>BMC, IPMI 2.0 compliant<br>Unified Server Configurator<br>Lifecycle Controller enabled through optional iDRAC6 Express, iDRAC6 Enterprise, and vFlash media  |
| Rack Support                          | ReadyRails™ static rails for toolless mounting in 4-post racks with square or unthreaded round holes or tooled mounting in 4-post threaded and 2-post (Telco) racks   |
| Operating Systems                     | Microsoft® Windows Server® 2012<br>Microsoft Windows Server 2012 Essentials<br>Microsoft Windows® Small Business Server 2011<br>Microsoft Windows Small Business Server 2008<br>Microsoft Windows Server 2008 R2 Foundation SP1 <sup>2</sup><br>Microsoft Windows Server 2008 SP2, x86/x64 (x64 includes Hyper-V®)<br>Microsoft Windows Server 2008 R2 SP1, x64 (includes Hyper-V v2)<br>Microsoft Windows HPC Server 2008<br>Novell® SUSE® Linux Enterprise Server<br>Red Hat® Enterprise Linux® |
| Featured Database Application         | Microsoft SQL Server® solutions (see <a href="http://Dell.com/SQL">Dell.com/SQL</a> )   |

<sup>1</sup> GB means 1 billion bytes and TB equals 1 trillion bytes; actual capacity varies with preloaded material and operating environment and will be less.

<sup>2</sup> Microsoft Windows Server 2008 R2 Foundation allows only 15 user accounts and requires certain Active Directory (AD) configurations. If not configured according to the product documentation, the software will generate warnings to correct the configuration. After a certain amount of time, the software will only run for one hour at a time until the configuration is corrected. For more information about these features, review the product documentation located at <http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=143551>.

## Dell Services

Dell Services can help reduce IT complexity, lower costs, and eliminate inefficiencies by making IT and business solutions work harder for you. The Dell Services team takes a holistic view of your needs and designs solutions for your environment and business objectives while leveraging proven delivery methods, local talent, and in-depth domain knowledge for the lowest TCO.

Learn more at [Dell.com/PowerEdge](http://Dell.com/PowerEdge)

© 2012 Dell Inc. All rights reserved. Dell, the DELL logo, the DELL badge, PowerEdge, ReadyRails, and OpenManage are trademarks of Dell Inc. Other trademarks and trade names may be used in this document to refer to either the entities claiming the marks and names or their products. Dell disclaims proprietary interest in the marks and names of others. This document is for informational purposes only. Dell reserves the right to make changes without further notice to any products herein. The content provided is as is and without express or implied warranties of any kind.



## 9. Hoja de Especificaciones Técnicas del Monitor Dell E1713S.

### Tech specs call out



Dell E series E2013H 51cm (20")  
Monitor with LED

- 20-inch wide (51cm) VIS
- High definition, 1600 x 900 at 60 Hz
- High color gamut of 83%<sup>1</sup>
- Dell Display Manager – Auto Mode and PowerNap<sup>2</sup> software
- ENERGY STAR®, EPEAT Gold, TCO Certified Displays, CEL compliant

<sup>1</sup> Color gamut (typical) is based on CIE1976 (83%) and CIE1931 (72%) test standards.  
<sup>2</sup> Dims the monitor to its minimum brightness or puts it in sleep mode when not in use.



Dell E series E1713S 43cm (17") Monitor

- 17-inch standard (43cm) VIS
- High definition, 1280 x 1024 at 60 Hz
- High color gamut of 83%<sup>1</sup>
- Dell Display Manager – Auto Mode and PowerNap<sup>2</sup> software
- TCO Certified Displays, CEL compliant

<sup>1</sup> Color gamut (typical) is based on CIE1976 (83%) and CIE1931 (72%) test standards.  
<sup>2</sup> Dims the monitor to its minimum brightness or puts it in sleep mode when not in use.

8 Confidential

Displays



### Product specifications

#### Dell E series E1713S 43cm (17") Monitor

| Display  |  |
|--|--|
| Viewable image size (diagonal)                         | 43.3 cm (17.0 inches)  |
| Horizontal   | 337.9 mm (13.30 inches)  |
| Vertical   | 270.3 mm (10.64 inches)  |
| Maximum resolution                                     | 1280 x 1024 at 60 Hz   |
| Aspect ratio   | 5:4  |
| Pixel pitch  | 0.264mm  |
| Brightness (typical)                                   | 250cd/m <sup>2</sup>   |
| Color gamut (typical)                                  | 83% <sup>1</sup>   |
| Color depth  | 16.7 million colors  |
| Contrast ratio (typical)                               | 1,000:1  |
| Viewing angle (typical) vertical/horizontal            | 160°/170°  |
| Response time (typical)                                | 5 ms (black to white)  |
| Panel type   | TN (active matrix – TFT LCD)   |
| Backlights   | CCFL   |
| Connectivity   |  |
| Connectors   | VGA  |
| Dell soundbar (optional)                               | AX510PA  |
| Design Features  |  |
| Stand  | Tilt only  |
| Security   | Security lock slot and stand lock (security lock and M3x6mm screw for stand lock not included) |
| VESA mounting support (wall mount kit sold separately) | 100 mm x 100 mm  |

| Power   |   |
|---|---|
| AC input voltage/frequency/current  | 100 VAC to 240 VAC/50 Hz or 60 Hz ± 3 Hz/1.5 A (Max.) |
| Power consumption (normal operation, typical)   | 18 W  |
| Power consumption (active-off mode)   | <0.5 W  |
| Dimensions (with stand)   |   |
| Height  | 378.9 mm (14.92 inches)                               |
| Width   | 375.5 mm (14.78 inches)                               |
| Depth   | 163.5 mm (6.44 inches)                                |
| Weight  |   |
| Weight without stand assembly (For wall mount or VESA mount considerations – no cables)   | 3.02 kg (6.66 lbs)                                    |
| Weight with stand assembly and cables   | 3.62 kg (7.98 lbs)                                    |
| Weight with packaging   | 4.31 kg (9.50 lbs)                                    |
| Environmental compliance  |   |
| TCO Certified Displays (ver 5.2), China Energy Label, (CEL) Grade 1, China Energy Conservation Program (CECP), WEEE, ErP (EuP) Standards, Korea E-Standby |   |
| Service and warranty  |   |
| 3 Years Advanced Exchange Service <sup>2</sup> & Limited Hardware Warranty <sup>3</sup>   |   |

<sup>1</sup> Color gamut (typical) is based on CIE1976 (83%) and CIE1931 (72%) test standards.

<sup>2</sup> Advanced Exchange Service: Replacement part/unit dispatched, if needed, following completion of phone/online diagnosis. Fee charged for failure to return defective unit. Availability varies. Other conditions apply.

<sup>3</sup> For a copy of the Limited Hardware Warranty, write to Dell USA LP, Attn: Warranties, One Dell Way, Round Rock, TX 78682 or see [www.dell.com/warranty](http://www.dell.com/warranty).

Displays



## 10. Hoja de Especificaciones Técnicas del Ordenador Portátil Dell Inspiron 15z.



### Specifications

© 2012–2013 Dell Inc.

Trademarks used in this text: Dell™, the DELL logo, and Inspiron™ are trademarks of Dell Inc. Intel®, Pentium®, and Celeron® are registered trademarks and Core™ is a trademark of Intel Corporation in the U.S. and other countries. Bluetooth® is a registered trademark owned by Bluetooth SIG, Inc. and is used by Dell under license. Blu-ray Disc™ is a trademark owned by the Blu-ray Disc Association (BDA) and licensed for use on discs and players.

2013 - 10 Rev. A00

Regulatory model: P26F | Type: P26F001

Computer model: Inspiron 5523

## Dimensions

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Height                     |   |
| Non-touch                  | 21 mm (0.83 inch)   |
| Touch                      | 23 mm (0.91 inch)   |
| Width                      | 382 mm (15.04 inches)   |
| Depth                      | 250 mm (9.84 inches)  |
| Weight with 6-cell battery | <ul style="list-style-type: none"><li>• Non-touch – 2.20 kg (4.85 lb)</li><li>• Touch – 2.40 kg (5.30 lb)</li></ul> <b>NOTE:</b> The weight of your laptop varies depending on the configuration ordered and the manufacturing variability. |

## System Information

|                |  |
|----------------|--|
| Processor      | <ul style="list-style-type: none"><li>• Intel Core i3 ULV (3rd generation)</li><li>• Intel Core i5 ULV (3rd generation)</li><li>• Intel Core i7 ULV (3rd generation)</li></ul> |
| L1 cache       | 32 KB  |
| L2 cache       | 256 KB   |
| L3 Cache       | Up to 4 MB   |
| System chipset | Intel PCH HM77   |

## Memory

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Connectors                      | two internally-accessible DDR3 connectors       |
| Capacities                      | 2 GB, 4 GB, 6 GB, and 8 GB                      |
| Memory type                     | up to 1600 MHz, dual-channel DDR3 configuration |
| Memory configurations supported | 2 GB, 4 GB, 6 GB, and 8 GB                      |

### Ports and Connectors

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Network adapter          | one RJ45 port  |
| USB                      | <ul style="list-style-type: none"><li>• three USB 3.0 ports</li><li>• one USB 3.0 port with PowerShare</li></ul> |
| HDMI port                | one HDMI port  |
| Audio                    | one headphones/microphone combo port   |
| Mini-Card                | three mini-card slots  |
| SIM card slot (optional) | one  |

### Communications

|                 |  |
|-----------------|--|
| Network adapter | 10/100/1000 Mbps Ethernet LAN on Motherboard (LOM)   |
| Wireless        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Wi-Fi 802.11 a/b/g/n</li><li>• WWAN</li><li>• Bluetooth 4.0</li><li>• Wireless Display</li></ul> |

### Video

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Video controller            |   |
| UMA                         | Intel HD Graphics 4000  |
| Discrete                    | nVidia GeForce GT630M   |
| Video memory                |   |
| UMA                         | shared  |
| Discrete                    | 2 GB DDR3   |
| Maximum external resolution | 1600 x 1200   |
| External display support    | <ul style="list-style-type: none"><li>• HDMI 1.4</li><li>• Wireless Display</li></ul> |

### Audio

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Controller                  | IDT 92HD94                                       |
| Speaker                     | 2 x 2 W  |
| Internal microphone support | digital-array microphones in the camera assembly |
| Internal microphone support | digital-array microphones in the camera assembly |
| Volume controls             | program menus and keyboard media control keys    |

## Storage

|                  |  |
|------------------|--|
| Interface        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• SATA 2.0 (3 Gbps) or SATA 3.0 (6 Gbps)</li> <li>• mSATA</li> </ul>                          |
| Drives           | one 2.5-inch SATA 2.0 solid-state drive or 2.5-inch SATA 3.0 hard-drive<br><b>NOTE:</b> Support for Intel Smart Response Technology. |
| Optical drive    | one 9.5 mm SATA drive  |
| Drives supported | <ul style="list-style-type: none"> <li>• DVD+/-RW</li> <li>• BD-RW</li> </ul>  |

## Media-card reader

|                 |   |
|-----------------|---|
| Type            | one 8-in-1 slot   |
| Cards supported | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Secure Digital (SD) memory card</li> <li>• Hi Capacity-SD (SDHC) card</li> <li>• Secure Digital Extended Capacity (SDXC) card with Ultra High Speed (UHS)</li> <li>• Memory Stick</li> <li>• Memory Stick PRO</li> <li>• Memory Stick XC (MSXC)</li> <li>• MultiMedia Card (MMC)</li> <li>• MultiMedia Card plus (MMC+)</li> </ul> |

## Display

|                    |   |
|--------------------|---|
| Type               | 15.6-inch HD, WLED                                      |
| Maximum resolution | 1366 x 768 HD   |
| Dimensions:        |   |
| Height             | 360.00 mm (14.17 inches)                                |
| Width              | 224.30 mm (8.83 inches)                                 |
| Diagonal           | 396.24 mm (15.6 inches)                                 |
| Refresh rate       | 60 Hz   |
| Operating angle    | 0° (closed) to 135°                                     |
| Pixel pitch        | 0.252 x 0.252 mm  |
| Controls           | brightness can be controlled through keyboard shortcuts |



### Keyboard

|      |         |
|------|---------|
| Type | backlit |
|------|---------|

### Camera

|                        |   |
|------------------------|---|
| Camera resolution      | 1280 x 720 pixels ~ 0.92 megapixel (HD) |
| Video resolution       | 1280 x 720 pixels at 30 fps (maximum)   |
| Diagonal viewing angle | 74 degrees                              |

### Touchpad

|  |                        |
|--|------------------------|
| X/Y position resolution<br>(graphics table mode) | 1143 x 1752 dpi        |
| Active area                                      |                        |
| Height   | 54.00 mm (2.13 inches) |
| Width  | 96.55 mm (3.80 inches) |

### Battery

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Type                    | 6-cell "smart" lithium ion (44 WHr)   |
| Height                  | 12.50 mm (0.49 inch)  |
| Width                   | 66.00 mm (2.60 inches)  |
| Depth                   | 291.70 mm (11.48 inches)  |
| Weight                  | 0.30 kg (0.66 lb)   |
| Voltage                 | 11.10 VDC   |
| Operating time          | battery operating time varies depending on<br>operating conditions and can significantly reduce<br>under certain power-intensive conditions |
| Life span (approximate) | 300 discharge/charge cycles   |
| Temperature range       |   |
| Operating               | 0 °C to 35 °C (32 °F to 95 °F)  |
| Storage                 | -40 °C to 65 °C (-40 °F to 149 °F)  |
| Coin-cell battery       | CR-2032   |

### Power Adapter

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Type                    | 65 W/90 W       |
| Input voltage           | 100 VAC–240 VAC |
| Input current (maximum) | 1.50 A/1.60 A   |
| Input frequency         | 50 Hz–60 Hz     |

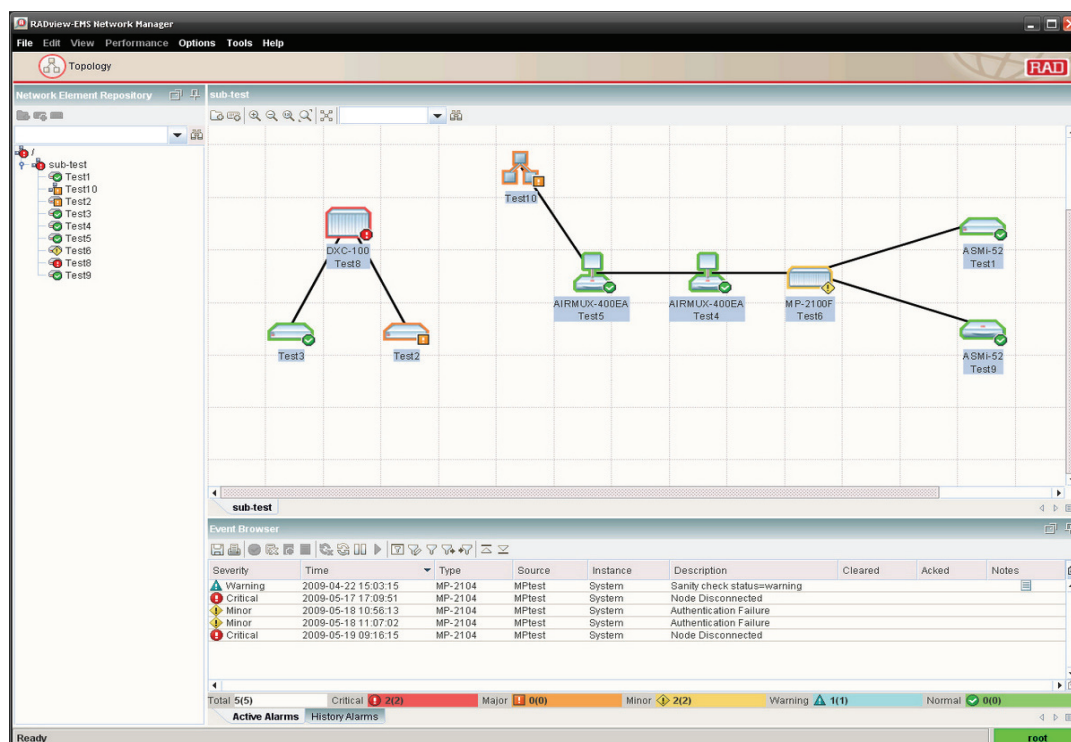
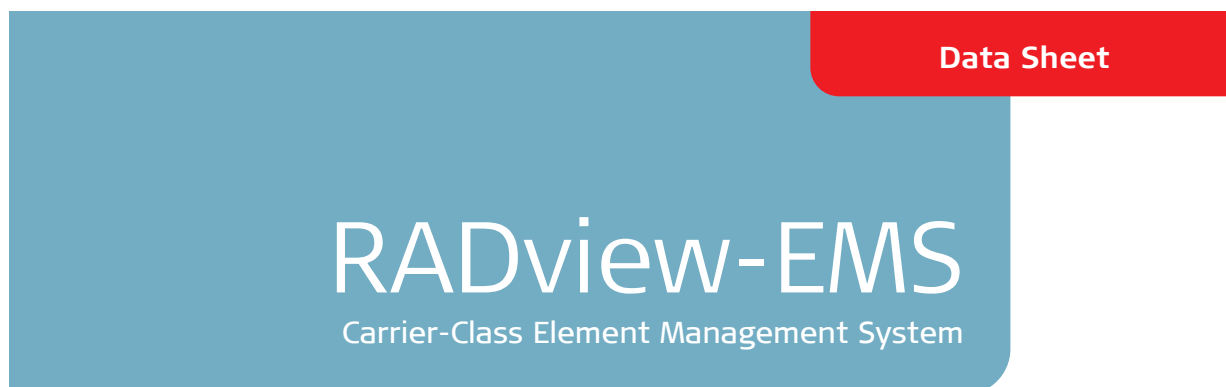
### Power Adapter

|                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| Output current       | 3.34 A/4.62 A                      |
| Output power         | 65 W/90 W                          |
| Rated output voltage | 19.50 +/- 1 VDC                    |
| Temperature range:   |                                    |
| Operating            | 0 °C to 40 °C (32 °F to 104 °F)    |
| Storage              | -40 °C to 70 °C (-40 °F to 158 °F) |

### Computer Environment

|  |   |
|--|---|
| Temperature range:   |   |
| Operating  | 0 °C to 35 °C (32 °F to 95 °F)            |
| Storage  | -40 °C to 65 °C (-40 °F to 149 °F)        |
| Relative humidity (maximum):   |   |
| Operating  | 10% to 90% (non-condensing)               |
| Storage  | 10% to 95% (non-condensing)               |
| Maximum vibration (using a random vibration spectrum that simulates user environment):   |   |
| Operating  | 0.66 GRMS                                 |
| Storage  | 1.3 GRMS                                  |
| Maximum shock (Measured with hard drive in operating status and a 2-ms half-sine pulse for operating. Also measured with hard drive in head-parked position and a 2-ms half-sine pulse for storage): |   |
| Operating  | 110 G                                     |
| Storage  | 160 G                                     |
| Altitude (maximum)   |   |
| Operating  | -15.2 m to 3048 m (-50 ft to 10,000 ft)   |
| Storage  | -15.2 m to 10,668 m (-50 ft to 35,000 ft) |
| Airborne contaminant level   | G1 as defined by ISA-S71.04-1985          |

## 11. Hoja de Especificaciones Técnicas del Sistema de Supervisión RadView-EMS.



Multi-platform  
carrier-class element  
management system



- Client/server architecture for flexible management deployment
- Highly scalable for growing networks, with smart configuration and provisioning tools for easy network expansion
- Advanced FCAPS functionality
- Fully compliant with TMN standards
- Interoperable with leading OSS programs, and integrates with third-party NMS and umbrella system
- Java-based, PC-based, and Unix-based for greater flexibility



## RADview-EMS

### Carrier-Class Element Management System

RADview-EMS is a Java-based, carrier-class element management system for deployment in Windows and Unix environments. The system features an embedded Oracle/Informix database, and manages both TDM and next-generation RAD devices. In addition, the product provides third-party device monitoring to assure network reliability.

The system can operate in standalone mode or can be integrated with SNMPc or HP OpenView NNM to extend its capabilities.

RADview-EMS conforms to the ITU-T Telecommunication Management Network (TMN) model and provides end-to-end visibility and standards-based interoperability. The system is scalable, providing solutions for small installations as well as growing networks.

#### DISTRIBUTED SYSTEM ARCHITECTURE

RADview-EMS is based on distributed client-server architecture, which optimizes the use of network resources (see *Figure 1*). Load sharing among master and slave servers maximizes use of infrastructure and enables flexible distribution of management tasks, transparent to the user.

#### OSS INTEGRATION

As a modular management system, RADview-EMS is equipped with a number of standard northbound interfaces for easy integration with OSS and umbrella systems. In addition to featuring a plug-in for connecting to IBM Tivoli's Netcool®/OMNibus™ fault management program, the system allows seamless communication with network-wide platforms for inventory (resource) management, performance management, and service provisioning, as well as with carriers' proprietary OSS.

Supporting various API channels, such as CORBA, MTOSI, SNMP, CSV, and OSS heartbeat, RADview-EMS smoothly interacts with higher management levels to communicate essential network information to service, operations and business management functions. By serving as a mediation layer between the various network elements (NEs) and the umbrella system, RADview-EMS minimizes the integration costs associated with new NE additions.

#### BUSINESS CONTINUITY

RADview-EMS provides the following scalable solutions for disaster recovery to assure high system availability:

- Cold standby – This solution is the most simple and cost-effective. Data is periodically backed up by the master NMS station via the RADview-EMS Backup/Restore function, and transferred to the slave NMS station without affecting service.
- Hot standby local clustering – This solution provides single-site RADview-EMS recovery. An active and standby RADview-EMS server are each connected to two storage devices.
- Hot standby wide-area clustering – This solution provides the highest protection level. Two clusters at two separate locations support data replication via VERITAS Volume Replicator™. If there is an operating outage at the primary site, all services are automatically moved to the backup site.

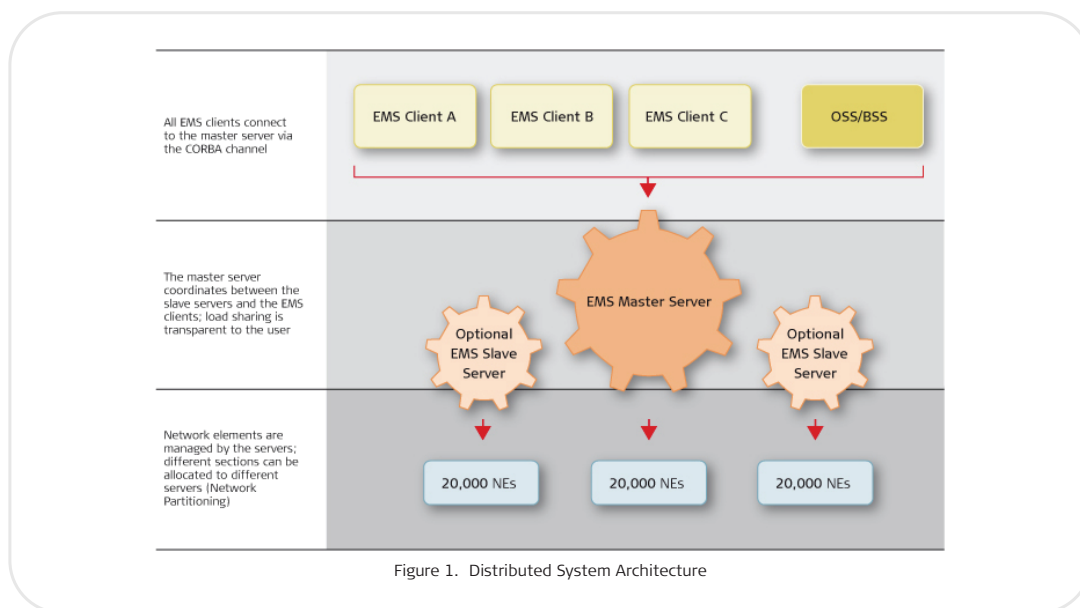


Figure 1. Distributed System Architecture

## Data Sheet

### FAULT MANAGEMENT

RADview-EMS supports advanced fault detection, displaying a clear analysis of the probable causes of faults and suggested corrective measures. It allows the distribution of alarm messages to other managers in the network.

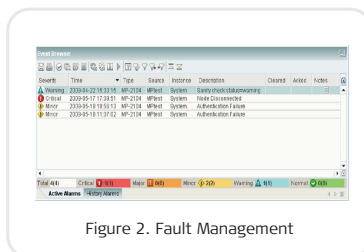


Figure 2. Fault Management

### CONFIGURATION MANAGEMENT

New software and configurations can be distributed to devices across the network. The system tracks version changes and keeps a software configuration history for backup and recovery. Easy management and provisioning is provided by a user-friendly point-and-click GUI with a realistic representation of the devices.

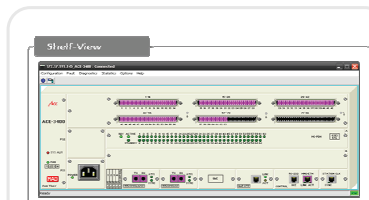


Figure 3. Configuration Management

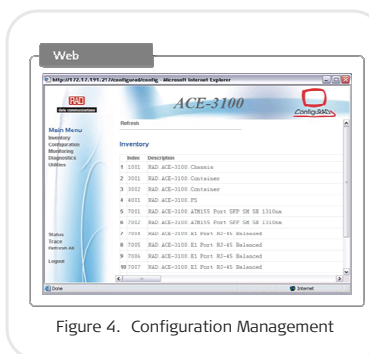


Figure 4. Configuration Management

### ADMINISTRATION

The system manages individual and group user accounts and passwords, generating network usage reports to monitor user activities.

### PERFORMANCE MANAGEMENT

RADview-EMS supports real-time monitoring of QoS and CoS, producing real-time statistics and interval statistics. You can collect full device statistics in compressed format, minimizing bandwidth use by management traffic. You can also export CSV ASCII files to OSS or third-party management systems.

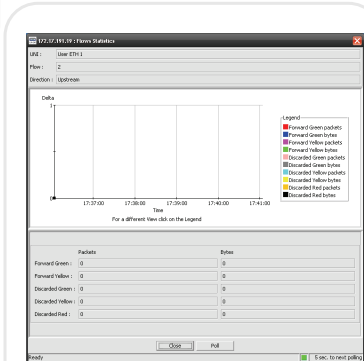


Figure 5. Performance Management

### SECURITY MANAGEMENT

An unlimited number of security profiles and groups can be created with the security management console. Its advanced functions include tracking of user activities in the network and designating complex security access rights to the parameter level.

Security features include:

- SSH (secure shell)
- Web-based SSL (secure socket layer)
- SNMPv3
- RADIUS
- ACL (access control list).

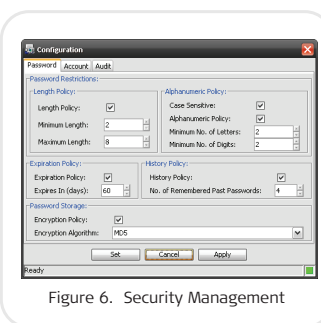


Figure 6. Security Management

Table 1. Supported RAD Products

#### Supported Products

ACE-52, ACE-201, ACE-202, ACE-3100, ACE-3105, ACE-3200, ACE-3205, ACE-3220, ACE-3400, ACE-3402, ACE-3600, Airmux, APD Family, APS Family, ASMi-52, ASMi-52L, ASMi-54, ASMi-54L, DXC-4, DXC-8R, DXC-10A, DXC-30, DXC-100, Egate-20, Egate-100, ETX-102, ETX-201, ETX-201A, ETX-202, ETX-202A, ETX-204A, FCD-155, FCD-155E, FCD-E1/T1L, FCD-E1/T1LC, FCD-E1A, FCD-E1E, FCD-IP, FCD-IPD, FCD-IPM, FOMi-E3/T3, FPS Family, Gmux-2000, IMXi-4, IPmux-1E, IPmux-2L, IPmux-4L, IPmux-24, IPmux-155L, IPmux-216, KM-2100/4, LA-110, LA-210, LRS-16, LRS-24, LRS-102, MP-104/204, MP-2100, MP-2200, MP-2104, MP-4100, OP-25, OP-34, OP-45, OP-106/108, OP-1551, OP-1553, RIC-155, RIC-155GE, RIC-622GE, RIC-LC, RIC-E1/T1, RIC-E3/T3, RIC-4E1/4T1, RIC-8E1/8T1, RIC-8E1L, RIC-16, RIC-155GE, RIC-622GE, RIC-SE, SPH, SPS Family

## Data Sheet

### RADview-EMS

#### Carrier-Class Element Management System

## Specifications

### PC-BASED CLIENT OR SERVER

#### Minimum Hardware Requirements

IBM-PC compatible computer based on Pentium-4 3.0GHz or higher

2 GB RAM or more

Hard drive with at least 6 GB free disk space for installation

NTFS-formatted partition

DVD drive

17-inch color monitor, supporting 1024 × 768 resolution or higher

**Note:** The above requirements refer to single-user installations managing up to 200 network elements. For larger networks, please consult your RAD partner.

#### Minimum Software Requirements

Microsoft Windows XP SP2 or later, or Windows 2003 SP2 or later, with Terminal services not enabled

Windows default input language set to English

Windows display font size set to normal (96 dpi)

Services: SNMP, SNMP Trap, Server

SNMPc platform version 7.1 (optional)

### UNIX-BASED CLIENT AND SERVER

#### Minimum Hardware Requirements

Sun Fire T2000 Server with XVR-300\* graphics card

Hard drive with at least 2 GB free disk space in **/opt** partition

Hard drive with at least 4 GB free disk space for Oracle in **/opt/oracle** or at least 1.5 GB free disk space for Informix (in any partition)

2 GB RAM or more

Swap file at least twice RAM size

For each four additional simultaneous users via X-session, add 1 GB RAM and 1 CPU

For each additional simultaneous open shelf view application via X session, add 75 MB RAM

DVD drive

17-inch color monitor, supporting 1152 × 900 resolution with depth 24

**Note:** The above requirements refer to single user installations managing up to 300 network elements. For larger networks, please consult your RAD partner.

#### Minimum Software Requirements

SUN Solaris Ver. 10, Nov 2006 or later

**Note:** The option to include Solaris 64-Bit Support should be selected during Solaris installation.

CDE 1.4 or higher

If installing with Informix database:

HP OpenView NNM Version 7.5.1

## Ordering

### RADview-EMS /E/?

#### Legend

**E** Operating system:

**PC** PC-based system  
**Unix** Unix-based system

**?** Platform

**PACK1** RADview-EMS standalone

#### Notes:

- This package is supplied with a license to activate the RADview-EMS map
- LRS-24 supports the standalone platform for the PC option only.

**PACKSNMPC** RADview-EMS over SNMPc

#### Notes:

- This package can be ordered only with PC-based system
- SNMPC must be purchased and installed separately
- This package can be used to manage IPmux and Gmux devices together with RADview-EMS supported devices
- SNMPC is needed for FCD-E1A/T1A, FCD-E1M/T1M, FOMi-E3/T3, KM-2100/4, OP-4/106/108.

**PACKHP** RADview-EMS over HPOV

#### Notes:

- This package can be ordered only with Unix-based system
- HPOV NNM must be purchased and installed separately
- This package can be used to manage IPmux and Gmux devices together with RADview-EMS supported devices
- HPOV NNM is needed for ACE-101, ACE-202, ACE-2002, ACE-2002E, KM-2100/4, LRS-24, FCD-E1A/T1A, FCD-E1M/T1M, FOMi-E3/T3, OP-4/106/108

### RVP

RADview Points voucher, to use at RAD Value Point website for activating licenses, managing licenses, or ordering more licenses.

**Note:** For licensing, each RAD device is assigned an Equivalent Node Weight (ENW) according to its complexity. Use the RADview License Calculator to determine the number of license points required for your installation.

357-105-0010 (25) Specifications are subject to change without prior notice. © 2003-2010 RAD Data Communications Ltd. The RAD name, logo, logos, and the terms EthernetAccess, TDMIP and TDMIP Private, and the product names Optimum and Primus, are registered trademarks of RAD Data Communications Ltd. All other trademarks are the property of their respective holders.

**International Headquarters**  
24 Raoul Wallenberg Street  
Tel Aviv 69719, Israel  
Tel. 972-3-6458181  
Fax 972-3-6498250, 6474436  
E-mail market@rad.com

[www.rad.com](http://www.rad.com)

**North America Headquarters**  
900 Corporate Drive  
Mahwah, NJ 07430, USA  
Tel. 201-5291100  
Toll free 1-800-4447234  
Fax 201-5295777  
E-mail market@rad.com

Order this publication by Catalog No. 803371



**data communications**  
The Access Company

## 12. Hoja de Especificaciones Técnicas del Sistema de Supervisión PowerOne PowCom.



|  |                                   |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Título: <b>Manual de usuario PowCom 4.10</b> |                                   | Doc N°: <b>DOCAAA0153</b>         |
| Miscelánea:                                  |                                   |                                   |
| Revisión: <b>R1</b>                          | Fecha Edición.: <b>15/01/2010</b> | Fecha Revisión: <b>01/08/2011</b> |

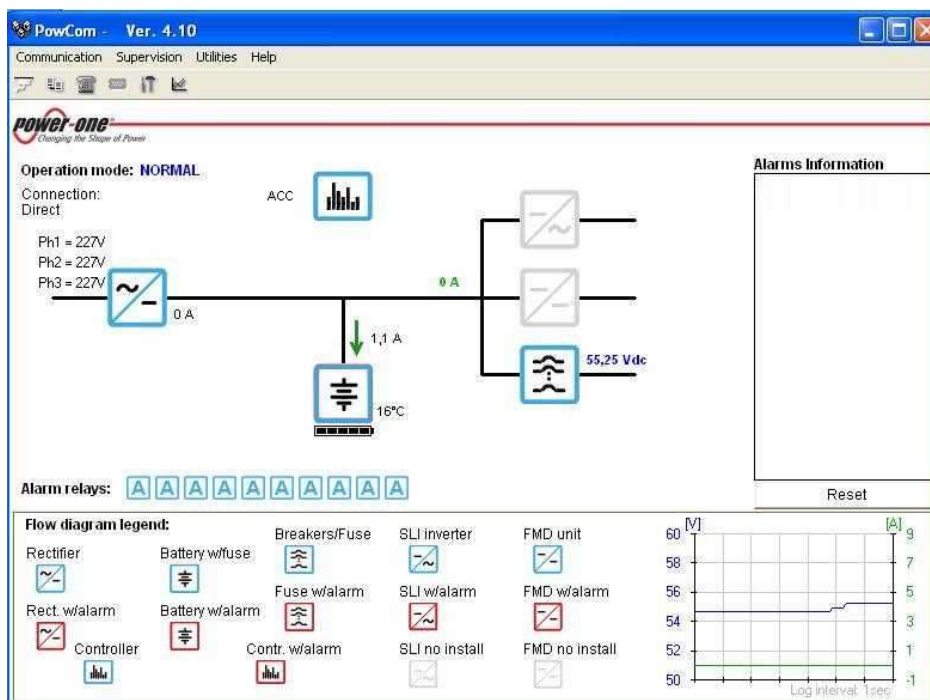
### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

*PowCom* es el software para el control y supervisión local y remota de los Sistemas de Energía en Corriente Continua (CC) de ENERtel Powe-One a través de PC.

*PowCom*, a través de su interfaz gráfica, permite las mismas funciones que las que se pueden realizar a través del display y botonera frontal de los controladores de los sistemas en corriente continua (PCU, PCS, PCC, ACC y GMC). Algunos de estas funciones son:

- Supervisión del estado operativo de los dispositivos
- Supervisión de valores de tensión, corriente, Tª...
- Visualización histórico de alarmas
- Información sobre la instalación
- Visualización y tratamiento de los datos resultantes de los tests de baterías



**Nota:** Al presionar la tecla F1 se abre un menú de ayuda referida a la ventana activa en ese momento.

**Nota:** Algunas funciones descritas en este documento pueden no estar disponibles para todos los sistemas debido a configuraciones de hardware distintas.



|  |                                   |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Título: <b>Manual de usuario PowCom 4.10</b> |                                   | Doc N°: <b>DOCAAA0153</b>         |
| Miscelánea:                                  |                                   |                                   |
| Revisión: <b>R1</b>                          | Fecha Edición.: <b>15/01/2010</b> | Fecha Revisión: <b>01/08/2011</b> |

## **1.2. REQUISITOS HARDWARE**

El software *PowCom* requiere un ordenador medio, Pentium-III o similar con 512MB RAM debe ser suficiente, con Windows98SE, o superior, instalado.

Dependiendo del tipo de comunicación, serie o ethernet, que se usará entre el PC y el controlador del sistema de CC se necesitará, además, varios dispositivos adicionales.

### **1.2.1. Comunicación serie**

- Al menos, un puerto serie libre en el PC
- Un cable serie para conectar el puerto serie del ordenador con el puerto serie del controlador del sistema ACC

### **1.2.2. Comunicación ethernet**

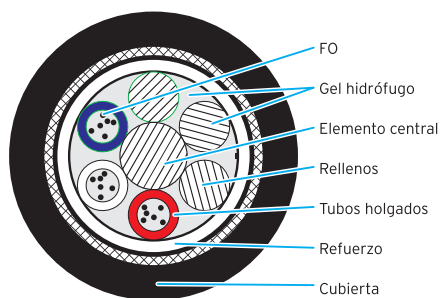
- Una tarjeta de red con conector RJ-45, o similar, en el PC
- Un cable de red cruzado UTP Cat. 5e



### 13. Hoja de Especificaciones Técnicas del Cable de Fibra Óptica Draka PST-18.

#### Fibra óptica | MFlex PST-18

**DRAKA**  
MULTIMEDIA



- Cada una de las fibras es coloreada para su fácil identificación de acuerdo a lo especificado en la norma IEC 60304

#### Elemento central:

- Soporte central dieléctrico de 2,5 mm de diámetro para formar el núcleo óptico

#### Tubos:

- Tubos de poliéster de 2,3 mm de diámetro
- Como estándar se ubican 6, 8, 12 fibras por tubo, así como gel antihumedad
- El núcleo óptico será totalmente circular; se utilizarán si fuera necesario elementos de relleno para obtener una circularidad uniforme

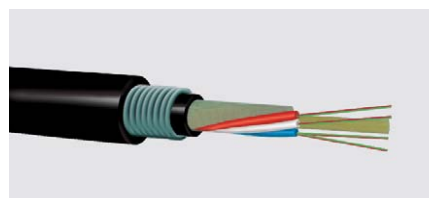
#### Protección núcleo óptico

#### Cubierta interior PE:

- Cubierta de polietileno (PE) de color negro, espesor nominal 1,3 mm (este compuesto cumple con los requerimientos de IEC 811)

#### Aplicación

Conexiones exteriores  
Troncales Telecom  
Troncales CATV  
Accesos a redes de telecomunicaciones  
Instalaciones externas conductos o directamente enterrado



#### Normativa

#### No propagador de la llama:

IEC 60332-1 - UNE-EN 50265-2-1

#### Baja emisión de humos:

IEC 61034 - UNE-EN 50268

#### Libre de halógenos:

IEC 60754-2 - UNE-EN 50267-2-3

#### Construcción

#### Fibras ópticas:

- Para las propiedades de la fibra óptica ver la especificación correspondiente

#### Refuerzo de acero corrugado:

- El núcleo óptico se protege con un refuerzo de acero corrugado (espesor: 0,155 mm) que contribuye a la robustez del cable además de ofrecer resistencia a los roedores

#### Cubierta exterior LSHF:

- Cubierta de compuesto termoplástico de color negro. Espesor nominal 1,5 mm
- Cumple los requisitos de las normas internacionales IEC 60794-3, IEC 60794-3-10, IEC 60794-3-12

**VDE: A - DF 2Y BH n x (6, 8 o 12)...LG**

GUÍA DEL CABLE 2008

 **Draka**  
Te conectamos con el futuro

## Fibra óptica | MFlex PST-18

**DRAKA**  
MULTIMEDIA

### Identificación

#### Código colores fibra:

- **Fibras 1-12:** rojo, verde, azul, amarillo, blanco, gris, marrón, violeta, turquesa, negro, naranja, rosa
- **Fibras 13-18:** con anillo de color negro cada 70 mm
- **Fibras 19-24:** con anillo de color negro cada 35 mm

#### Código colores tubos:

- Primer tubo verde y último tubo rojo
- Los tubos intermedios son amarillos para fibras monomodo y blancos para fibras multimodo
- Cables híbridos tubo verde (monomodo), tubos amarillos (monomodo) y tubos blancos y rojos para las multimodo

| Propiedades                  | Normativa        | Unidad  |
|------------------------------|------------------|---|
| Rango de temperatura         | IEC 60794-1-2 F1 | de -60 °C a +70 °C (durante el funcionamiento)<br>de -40 °C a +60 °C (durante transporte/stock) |
| Resistencia al aplastamiento | IEC 60794-1-2 E3 | 3.000 N   |
| Resistencia a la tracción    | IEC 60794-1-2 E1 | 1.200 N (permanente)<br>1.800 N (instalación)   |
| Impacto                      | IEC 60794-1-2 E4 | 20 N  |
| Torsión                      | IEC 60794-1-2 E7 | 5 ciclos ± 1  |
| Estanqueidad longitudinal    | IEC 60794-1-2 F5 | Pasa  |

### Características técnicas

| 6 fibras por tubo  | Unidad | de 6 a 36 fibras  | de 42 a 48 fibras |
|--------------------|--------|-------------------|-------------------|
| Diámetro cable     | mm     | 14,5              | 16,0              |
| Peso del cable     | kg/km  | 215               | 255               |
| Radio curvatura    | mm     | 290               | 320               |
| 8 fibras por tubo  | Unidad | de 8 a 48 fibras  | de 56 a 64 fibras |
| Diámetro cable     | mm     | 14,5              | 16,0              |
| Peso del cable     | kg/km  | 215               | 255               |
| Radio curvatura    | mm     | 290               | 320               |
| 12 fibras por tubo | Unidad | de 12 a 72 fibras | de 84 a 96 fibras |
| Diámetro cable     | mm     | 14,5              | 16,0              |
| Peso del cable     | kg/km  | 215               | 255               |
| Radio curvatura    | mm     | 290               | 320               |

### Características generales

#### Leyenda\*:

MMM OPTICAL FIBRE CABLE XXFIBRE CAT.YYY DRAKA COMTEQ TTTTTT AAAA

\* Bajo pedido puede configurarse otra leyenda distinta a la estándar

## 14. Hoja de Especificaciones Técnicas del Cable S/FTP Cat6 Draka UC400 SS23.

### Draka UC | UC 400 SS 23 LSHF S/FTP Cat. 6

**DRAKA**  
MULTIMEDIA

#### Aplicaciones

Cable simétrico de excelente apantallamiento "High Screen" (por pares y al conjunto) frente a condiciones extremas del entorno, para transmisión de datos en redes de cableado estructurado (LAN), principalmente en instalaciones horizontales y secundarias

#### Protocolos:

EIA/TIA 568B; ISO/IEC 11801 2<sup>nd</sup> ed.;  
IEC 61156-5; EN 50173; EN 50288-5-1

#### Estándares:

(IEEE 802.3) 10Base-T, 100Base-T, 1000Base-T  
(IEEE 802.5); 16 MB; ISDN; TPDDI; ATM

#### Características técnicas

##### Curvatura:

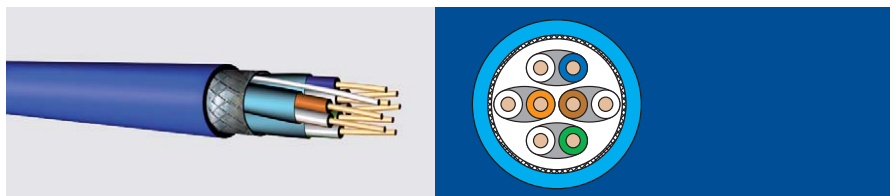
- Radio de curvatura fijo:  $\geq 40$  mm
- Radio de curvatura instalación:  $\geq 80$  mm

##### Rango de temperaturas:

- Fijo:  $-20$  °C a  $+60$  °C
- Instalación:  $0$  °C a  $+50$  °C

##### Normas ante fuego:

- No propagador de la llama: IEC 60332-1
- Libre halógenos: IEC 60754-2
- Baja emisión y densidad de humos: IEC 61034



#### Construcción

| Tipo cubierta | Ø Conductor mm | Ø Aislamiento mm | Pantalla cinta por pares* individuales | Ø Cable mm | Peso kg/km |
|---------------|----------------|------------------|--|------------|------------|
| LSHF          | 0,56 AWG23     | 1,4 PE Foamskin  | Al/Pol                                 | 7,40       | 75,00      |

\* Pantalla al par: Cinta Al/Pol por pares individuales.

Pantalla al conjunto: Trenza de cobre estañado con cobertura del 65 %

**Draka UC** | UC 400 SS 23 LSHF  
S/FTP Cat. 6

**DRAKA**  
MULTIMEDIA

**Datos eléctricos a 20 °C**

| Frecuencia MHz                          | Atenuación (dB/100 m) | NEXT (dB) nominal | PS-NEXT (dB) nominal | ACR (dB/100 m) nominal | PS-ACR (dB/100 m) nominal | ELFEXT (dB/100 m) nominal | PS-ELFEXT (dB/100 m) nominal | Pérdidas retorno (db) mínimo |
|---|-----------------------|-------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1,00                                    | 1,80                  | 100               | 97                   | 98                     | 95                        | 105                       | 105                          | --                           |
| 4,00                                    | 3,40                  | 100               | 97                   | 97                     | 94                        | 105                       | 102                          | 27                           |
| 10,00                                   | 5,40                  | 100               | 97                   | 95                     | 92                        | 97                        | 94                           | 30                           |
| 16,00                                   | 6,80                  | 100               | 97                   | 93                     | 90                        | 93                        | 90                           | 30                           |
| 20,00                                   | 7,70                  | 100               | 97                   | 92                     | 89                        | 91                        | 88                           | 30                           |
| 31,20                                   | 9,60                  | 100               | 97                   | 90                     | 87                        | 87                        | 84                           | 30                           |
| 62,50                                   | 13,70                 | 100               | 97                   | 86                     | 83                        | 81                        | 78                           | 30                           |
| 100,00                                  | 17,40                 | 100               | 97                   | 83                     | 80                        | 77                        | 74                           | 30                           |
| 125,00                                  | 19,50                 | 95                | 92                   | 75                     | 72                        | 75                        | 72                           | 26                           |
| 200,00                                  | 25,00                 | 92                | 89                   | 67                     | 64                        | 71                        | 68                           | 25                           |
| 250,00                                  | 28,10                 | 90                | 87                   | 62                     | 59                        | 69                        | 66                           | 24                           |
| 300,00                                  | 30,90                 | 89                | 86                   | 58                     | 55                        | 67                        | 64                           | 24                           |
| 400,00                                  | 38,30                 | 87                | 84                   | 48                     | 45                        | 64                        | 61                           | 23                           |
| Impedancia característica (1-100 MHz)   |                       |                   |                      |                        |                           | 100 ± 15 Ω                |                              |                              |
| Impedancia característica (100-250 MHz) |                       |                   |                      |                        |                           | 100 ± 18 Ω                |                              |                              |
| Resistencia de bucle                    |                       |                   |                      |                        |                           | ≤ 165 Ω/km                |                              |                              |
| Desequilibrio de resistencias, máxima   |                       |                   |                      |                        |                           | 2%                        |                              |                              |
| Capacidad mutua, nominal                |                       |                   |                      |                        |                           | 43 nF/km                  |                              |                              |
| Desequilibrio de capacidades, máxima    |                       |                   |                      |                        |                           | ≤ 1.500 pF/km             |                              |                              |
| Velocidad de propagación nominal        |                       |                   |                      |                        |                           | 79 % ca                   |                              |                              |
| Retardo de propagación                  |                       |                   |                      |                        |                           | ≤ 427 ns/100 m            |                              |                              |
| Retardo de grupo, máxima a 100MHz       |                       |                   |                      |                        |                           | ≤ 12 ns/100 m             |                              |                              |
| Impedancia de transferencia, máxima     |                       | 1 MHz ≤ 5 mΩ/m    |                      | 10 MHz ≤ 10 mΩ/m       |                           | 30 MHz ≤ 30 mΩ/m          |                              | 100 MHz ≤ 60 mΩ/m            |

**Información comercial**

| Código | Descripción cable | Número de pares | Tipo de cubierta | Color RAL número | Presentación       | Código colores                           |
|--------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|--|
| -      | UC 400 SS23 LSHF  | 4               | LSHF             | Azul 5012        | Bob. 500 o 1.000 m | AZL/bco<br>NJA/bco<br>VDE/bco<br>MRN/bco |

Draka se reserva el derecho de modificar estas especificaciones sin previo aviso.

*(Hoja dejada intencionalmente en blanco)*

